

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
Αριθμ. Πρωτοκ. 314  
Ημερομηνία 4-10-10

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

*Ρύπανση Εδαφών*

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ**  
**ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΚΡΑΤΗΣΗ ΦΩΣΦΟΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΣΕ ΒΑΣΙΚΕΣ**  
**ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ**

Πτυχιακή Εργασία της  
Πέρσα Μαρία Α. Γαβαλά

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια : Α. ΔΗΜΗΡΚΟΥ Ph.D

Βόλος, Σεπτέμβριος 2010



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 9185/1  
Ημερ. Εισ.: 22-11-2010  
Δωρεά: Συγγραφέας  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ  
2010  
ΓΑΒ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα πτυχιακή διατριβή μελετήθηκε η συμπεριφορά των ζεόλιθος, ζεόλιθος-γκαιίτης κίτρινος, ζεόλιθος-γκαιίτης κόκκινος, μπετονίτης και γκαιίτης στην προσρόφηση φωσφορικών ιόντων στις καλλιέργειες του σιταριού, του βαμβακιού και του καλαμποκιού με σκοπό τη χρήση τους ως εδαφοβελτιωτικών ρυπασμένων εδαφών .

Για την πραγματοποίηση της παραπάνω μελέτης έγιναν πειράματα προσρόφησης των φωσφορικών ιόντων από τα ζεόλιθο, ζεόλιθο-γκαιίτη κίτρινο, ζεόλιθο-γκαιίτη κόκκινο, μπετονίτη και γκαιίτη στις καλλιέργειες σιταριού, βαμβακιού και καλαμποκιού με την χρήση φυτοδοχείων περιεκτικότητας ενός κιλού με την ίδια συγκέντρωση εδάφους και φωσφόρου για όλες της καλλιέργειες. Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης του φωσφόρου πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο της ξηρής καύσης και την μέθοδο Olsen με την χρήση φασματοφωτομέτρου.

Στη συνέχεια μελετήθηκε η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των καλλιεργιών σιταριού, βαμβακιού και καλαμποκιού καθώς και η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στην προσρόφηση του φωσφόρου από το υπέργειο τμήμα των φυτών και προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα.



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ υποχρέωση μου να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα Καθηγήτρια μου κυρία Ανθούλα Δημήρκου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής Και Αγροτικού Περιβάλλοντος και διευθύντρια του εργαστηρίου εδαφολογίας για την πολύτιμη βοήθεια και αμέριστη συμπαράσταση κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Η συμβολή της υπήρξε καθοριστική στη συγγραφή και επιτυχή ολοκλήρωση της παρούσας προπτυχιακής διατριβής.

Θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Νικόλαο Δαναλάτο, Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και μέλος της συμβουλευτικής επιτροπής για την πολύτιμη και ουσιαστική βοήθεια που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια με την διδασκαλία του στα μαθήματα της Γενικής και Ειδικής Γεωργίας.

Θεωρώ υποχρέωση μου να ευχαριστήσω θερμά την Δρ. Ευαγγελία Γκόλια, μέλος συμβουλευτικής επιτροπής, Διδάσκουσα με Π.Δ. 407/80 που μου συμπαρασταθηκε και ήταν δίπλα μου σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και η οποία με τις χρήσιμες συμβουλές μου παρείχε πολύτιμη βοήθεια.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης, τους γονείς μου Λάζαρο και Ειρήνη Γαβαλά για την υλική τους υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών. Τέλος, θα ήταν παράλειψη να ξεχάσω την εν δυνάμει συνάδελφο μου Αργύρη Αποστολία και την αδελφή μου Αυγούστα Γαβαλά για την ανιδιοτελή βοήθεια τους όλα αυτά τα χρόνια και για την καθοριστική συμβολή τους για την περάτωση αυτού του έργου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....</b>	<b>2</b>
1.1. Φώσφορος.....	1
1.1.1.Μορφές Φωσφόρου.....	1
1.1.2.Ρόλος του Φωσφόρου.....	5
1.1.3.Συμπτώματα τροφοπενίας Φωσφόρου.....	5
1.1.4.Περίσσεια Φωσφόρου.....	5
1.1.5.Ευτροφισμός.....	5
1.1.6.Λίπανση με Φώσφορο.....	6
1.2.Ρύπανση εδαφών με H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> και τρόποι αντομετώπισης.....	6
1.2.1. Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκράτηση φωσφόρου στο έδαφος.....	6
1.2.2.Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκράτηση φωσφόρου στο έδαφος.....	7
1.2.3.Απορρόφηση φωσφόρου.....	7
1.2.4.Παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την απορρόφηση του φωσφόρου.....	7
1.2.5. Απώλειες φωσφόρου από τα εδάφη.....	8
1.2.6.Απώλειες φωσφόρου από τα εδάφη.....	8
1.2.7.Οι επιδράσεις του φωσφόρου στο περιβάλλον.....	8
1.2.8.Όρια Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	8
1.2.9.Ρύπανση υδατοσυλλογών με φώσφορο.....	9
1.2.10.Ο αδιάλυτος φώσφορος είναι τριών κατηγοριών.....	9
1.2.11.Οι πηγές εμπλουτισμού με φώσφορο είναι οι ακόλουθες.....	9
1.2.12.Προέλευση φωσφόρου της λεκάνης απορροής.....	9
1.2.13.Τρόποι αντιμετώπισης.....	10
1.2.14.Κατηγορίες θεμάτων απορρύπανσης εδαφών και υπόγειων υδροφορέων.....	10
1.2.15.Κατηγορίες θεμάτων προστασίας εδαφών και υπόγειων υδροφορέων.....	10
1.2.16.Με βάση την περιβαλλοντική προσέγγιση η ισόρροπη λίπανση αναφέρεται στην παροχή θρεπτικών στοιχείων στα φυτά από κάθε πηγή, έτσι ώστε.....	11
1.2.17.Τεχνολογίες Απορρύπανσης Εδαφών.....	11
1.3. Γγκαιτίτης.....	11
1.4. Ζεόλιθος.....	13
1.4.1. Δομή.....	14
1.4.2. Φυσικές και χημικές ιδιότητες.....	15
1.4.3. Χημισμός.....	16
1.4.4. Ζεόλιθοι ανά τον κόσμο.....	17
1.4.5. Ζεόλιθοι στην Ελλάδα.....	17
1.4.6. Χρήσεις ζεόλιθων.....	19
1.5. Μπεντονίτης.....	24
1.5.1. Χρήσεις.....	28
1.6. Το Σιτάρι.....	30
1.6.1.Μορφολογία.....	31

1.6.1.1.Ο βλαστός.....	31
1.6.1.2.Φύλλα.....	32
1.6.1.3.Ριζικό σύστημα.....	33
1.6.1.4.Μορφολογία της ταξιανθίας.....	33
1.6.1.5.Σπόρος ή καρύωση.....	34
1.6.2.Ανάπτυξη.....	35
1.6.2.1.Βλάστηση, εμφάνιση φυταρίου και δημιουργία φύλλων.....	35
1.6.2.2.Αδέλφωμα και διαφοροποίηση κορυφής.....	36
1.6.2.3.Αύξηση βλαστού και στάχυ.....	37
1.6.2.4.Εμφάνιση στάχυ και άνθηση.....	38
1.6.2.5.Ανάπτυξη και ωρίμανση σπόρου.....	38
1.7.Φυτοπροστασία του αραβόσιτου.....	40
1.7.1.Τα μέρη του φυτού.....	40
1.7.1.1.Ρίζα.....	40
1.7.1.2.Βλαστός.....	41
1.7.1.3.Φύλλα.....	42
1.7.2.Αναπαραγωγικά όργανα.....	43
1.7.2.1.Θύσανοι.....	43
1.7.2.2.Στάχεις.....	44
1.7.3.Αύξηση και ανάπτυξη.....	45
1.8.3.1.Βλάστηση.....	45
1.8.3.2.Βλαστική ανάπτυξη.....	46
1.8.3.3.Ανθοφορία θυσάνων.....	47
1.8.3.4.Ανθοφορία στάχων.....	47
1.8.3.5.Γήρανση.....	48
1.9.Βαμβάκι.....	52
1.9.1.Καλλιεργούμενα είδη.....	53
1.9.2.Κλίμα, έδαφος, σπορά, λίπανση.....	54
1.9.3.Συγκομιδή-Εκκόκκιση.....	54
1.9.4.Εμπόριο, Χρήσεις.....	55
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>	<b>57</b>
2.1.Πείραμα.....	57
2.2.Θερμοκήπιο.....	58
2.3.Εργαστήριο.....	62
2.3.1.Καθαρισμός σκευών.....	62
2.3.2.Παρασκευή διαλύματος χρωμοθεικού οξέος.....	62
2.3.3.Τρόπος καθαρισμού των σκευών.....	62
2.3.4.Προετοιμασία των φυτικών δειγμάτων για ανάλυση.....	62
2.3.5.Πλύσιμο των δειγμάτων.....	63
2.3.6.Ξήρανση.....	63
2.3.7.Διαχωρισμός δειγμάτων.....	63
2.3.8.Άλεση.....	63

2.3.9.Διατήρηση δειγμάτων.....	63
2.3.10.Εκχύλιση – πέψη φυτικών δειγμάτων.....	64
2.3.11.Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των φωσφορικών ιόντων με τη μέθοδο της ξηρής καύσης(Dry Ashing Procedure).....	64
2.3.11.1.Αρχή μεθόδου.....	64
2.3.11.2.Μέθοδος.....	64
2.3.12.Προσδιορισμός φωσφόρου.....	65
2.3.12.1.Μέθοδος Olsen-Φυλλοδιαγνωστική.....	65
2.3.12.2.Προσδιορισμός ολικού P.....	65
2.3.12.3.Παρασκευή διαλύματος NaOH.....	66
2.3.12.4.Για την πρότυπη καμπύλη.....	66
2.3.12.5.Ανάπτυξη χρώματος-Πρότυπη καμπύλη.....	66
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>68</b>
3.1.Μελέτη της επίδρασης των εδαφοβελτιωτικών στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών.....	68
3.2.Μελέτη της επίδρασης των εδαφοβελτιωτικών στην προσρόφησης του φωσφόρου από το υπέργειο τμήμα των φυτών σιτάρι, καλαμπόκι και βαμβάκι.....	72
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>73</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>75</b>

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1. Μέθοδοι προσδιορισμού του Φωσφόρου στο έδαφος.....	4
Πίνακας 1.2. Συναφή ορυκτά με τον γκαϊτίτη.....	12
Πίνακας 1.3. Χημικές αναλύσεις μοντμοριλλονίτη.....	26
Πίνακας 1.4. Χημικές αναλύσεις φυσικών μπεντονιτών διαφόρων προελεύσεων.....	27
Πίνακας 1.5. Παθολογίας-Εχθρών-Ζιζανίων.....	39
Πίνακας 1.6. Παθολογίας – Εχθρών – Ζιζανίων.....	49
Πίνακας 2.1. Πειραματικό σχέδιο του πειράματος στο θερμοκήπιο (1 <sup>η</sup> επανάληψη).....	59
Πίνακας 2.2. Πειραματικό σχέδιο του πειράματος στο θερμοκήπιο (2 <sup>η</sup> επανάληψη).....	60
Πίνακας 2.3. Πειραματικό σχέδιο του πειράματος στο θερμοκήπιο (3 <sup>η</sup> επανάληψη).....	61

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1. Ποσότητες του Φωσφόρου στο έδαφος .....	3
Σχήμα 1.2. Ο κύκλος του Φωσφόρου.....	3
Σχήμα 1.3. Απεικόνιση της χωρικής παραλλακτικότητας των NO <sub>2</sub> και κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες στην περιοχή Ελασσόνας σε βάθος 0-30cm.....	4
Εικόνες 1.1, 1.2.: Ορυκτό του γκαϊτίτη.....	12
Εικόνα 1.3.: Το ορυκτό ζεόλιθος (υπό μορφή πούδρας).....	14
Εικόνα 1.4.: Το ορυκτό μπεντονίτη.....	24
Εικόνα 1.5.: Σιτάρι.....	31
Εικόνα 1.6.: Αραβόσιτος .....	40
Εικόνα 1.7. : Ψημένα και άψητα καλαμπόκια (σπάδικες).....	51
Εικόνα 1.8.: Βαμβάκι.....	52
Εικόνα 1.9.: Συγκεντρωμένο καθαρό βαμβάκι έτοιμο για το εμπόριο.....	54
Γράφημα 3.1. Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στο ύψος των φυτών σιτάρι καλαμπόκι , βαμβάκι.....	68
Γράφημα 3.2. Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στο μήκος της ρίζας των φυτών σιτάρι καλαμπόκι , βαμβάκι.....	68
Γράφημα 3.3. Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στο χλωρό βάρος των φυτών σιτάρι καλαμπόκι , βαμβάκι.....	69
Γράφημα 3.4. Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στη φυλλική επιφάνεια των φυτών σιτάρι καλαμπόκι , βαμβάκι.....	70
Γράφημα 3.5. Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στο ξηρό βάρος των φυτών σιτάρι καλαμπόκι , βαμβάκι.....	70



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο γκαιτίτης, ο μπετονίτης και ο ζεόλιθος είναι φυσικά υλικά τα οποία απαντώνται σε μεγάλη συχνότητα στη φύση τόσο ως ορυκτά όσο και σαν συστατικά των εδαφών. Ο γκαιτίτης στα εδάφη προκύπτει σαν δευτερογενές υλικό της αποσάθρωσης. Μέσω των εδαφογενετικών διεργασιών ο γκαιτίτης μπορεί να σχηματιστεί πάνω στο ζεόλιθο που υπάρχει στο έδαφος με αποτέλεσμα το σχηματισμό ενός συστήματος των δύο υλικών.

### Σκοπός της παρούσας διατριβής:

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν η εύρεση μεθόδων, φιλικών προς το περιβάλλον, αποκατάστασης εδαφών επιβαρυνμένων με φώσφορο. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε ένα πειράματα στο οποίο μελετήθηκε η προσρόφηση του φωσφόρου από τα εδαφοβελτιωτικά γκαιτίτη(G), ζεόλιθο-γκαιτίτη κίτρινο (Z-G κιτρ. ή Z-GY) , ζεόλιθο-γκαιτίτη κόκκινο (Z-G κοκ. ή Z-GR), μπετονίτη (B) και ζεόλιθο (Z) στα φυτά σιτάρι, βαμβάκι και καλαμπόκι που καλλιεργήθηκαν σε εδάφη επιβαρυνμένα με φωσφορικά ιόντα ( $PO_4^-$ ).

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

## 1.1. Φώσφορος

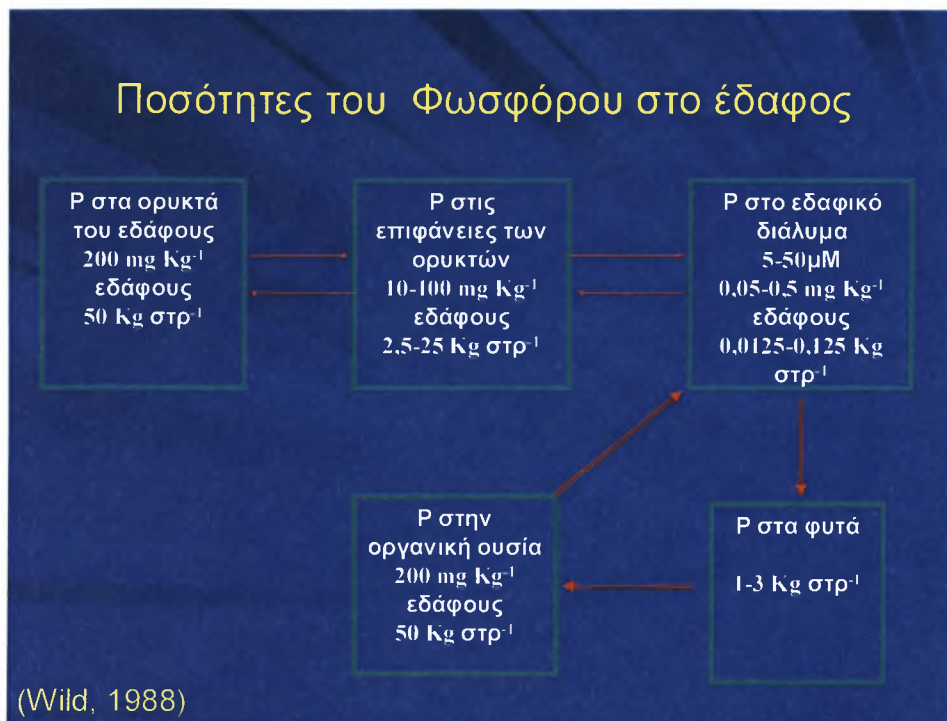
Ο φώσφορος είναι ένα από τα βασικά θρεπτικά στοιχεία.

- Βρίσκεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις στα εδάφη κυρίως λόγω της μικρής διαλυτότητας των διαφόρων χημικών του ενώσεων με αποτέλεσμα την εμφάνιση τροφοπενιών στα φυτά.
- Η διαθεσιμότητα του P στο έδαφος εξαρτάται από τη συγκέντρωσή του στο εδαφικό διάλυμα, από το μητρικό υλικό των εδαφών, από τις κλιματολογικές συνθήκες και από φυσικοχημικούς παράγοντες του εδάφους, όπως το pH, το ποσοστό της αργίλου, κ.α.
- Η πρόσληψή του P από τα φυτά εξαρτάται από τη διαθεσιμότητά και από τη μετακίνησή του μέσα στο έδαφος καθώς και από βιολογικές παραμέτρους που σχετίζονται με τα φυτά.
- Ο φώσφορος προσλαμβάνεται από τα φυτά είτε ως  $\text{HPO}_4^{2-}$  είτε  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$  ανάλογα με την τιμή του pH.
  - Σε  $\text{pH} < 7$  προσλαμβάνεται ως  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$
  - Σε  $\text{pH} = 7$  προσλαμβάνεται και με τις δύο μορφές
  - Σε  $\text{pH} > 7$  προσλαμβάνεται ως  $\text{PO}_4^{3-}$

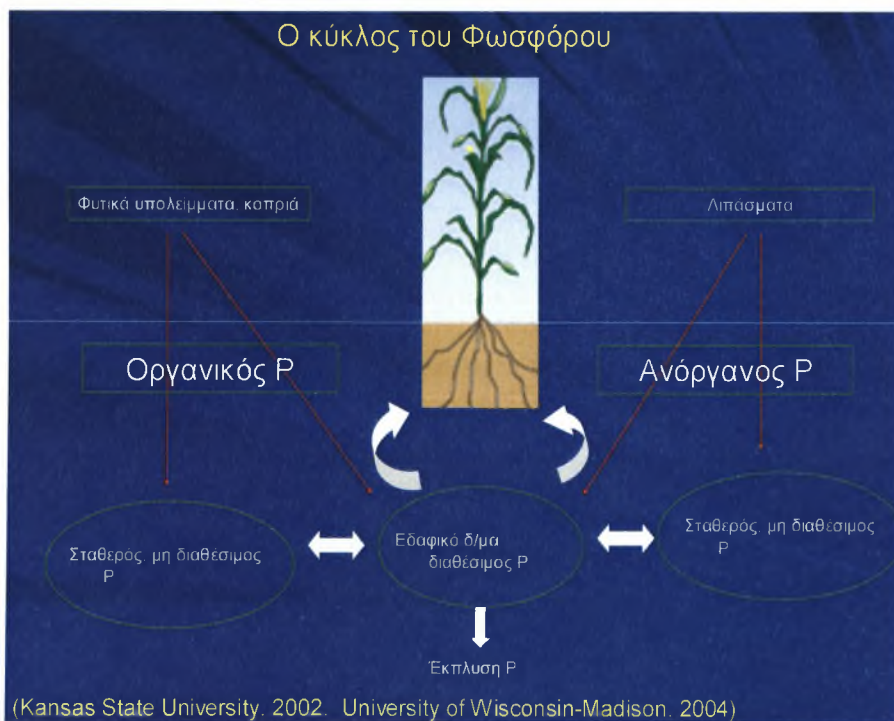
### 1.1.1.Μορφές Φωσφόρου

Ο φώσφορος βρίσκεται σε 2 μορφές στο έδαφος:

- Οργανικός φώσφορος (εστέρες φωσφορικών, εστέρες φωσφορολιπιδίων, νουκλεϊκών οξέων, φώσφορος συνδεδεμένος με το άμυλο)
- Ανόργανος φώσφορος
- Ενώσεις με ασβέστιο (φθοριοαπατίτης, ανθρακικός απατίτης υδροξυαπατίτης, οξυαπατίτης).
- Ενώσεις με σίδηρο και αργίλιο (στρεγκίτης, βιβιανίτης, βαρισκίτης, ταρανακίτης)



Σχήμα 1.1. Ποσότητες του Φωσφόρου στο έδαφος



Σχήμα 1.2. Ο κύκλος του Φωσφόρου

Πίνακας 1.1. Μέθοδοι προσδιορισμού του Φωσφόρου στο έδαφος

Μέθοδος	Εκχυλιστικά διαλύματα
Morgan	0.7N CH <sub>3</sub> COONa + 0.54N CH <sub>3</sub> COOH, pH = 4.8
Bray P1	0.03N NH <sub>4</sub> F + 0.025N HCl
Bray P2	0.03N NH <sub>4</sub> F + 0.1N HCl
Mehlich No.1	0.05N HCl + 0.025N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Olsen	0.5N NaHCO <sub>3</sub> , pH = 8.5
AB-DTPA	1M NH <sub>4</sub> CO <sub>3</sub> + 0.005M DTPA, pH = 7.6
Mehlich No.3	0.2N CH <sub>3</sub> COOH + 0.015N NH <sub>4</sub> F + 0.25N NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> + 0.013N HNO <sub>3</sub> + 0.001M EDTA
Χλωριούχο ασβέστιο	0.01M CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O

Πηγή: Μήτσιος, 2004

Επίπεδα διαθέσιμου φωσφόρου ελληνικών εδαφών

- Εδάφη φτωγά (<10ppm)
- Εδάφη μέσα (10-20ppm)
- Εδάφη πλούσια (>20ppm)

1966-1969 58%, 29%, 13%

1990-1994 20%, 42%, 38%

Παρατηρείται μια βραδεία αλλά σταθερή αύξηση προς τα υψηλότερα επίπεδα φωσφορικής γονιμότητας των εδαφών.



(Γκίζας Δημήτριος, Μεταπτυχιακή Διατριβή 2004)

Σχήμα 1.3. Απεικόνιση της χωρικής παραλλακτικότητας των NO<sub>2</sub> και κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες στην περιοχή Ελασσόνας σε βάθος 0-30cm.



### **1.1.2.Ρόλος του Φωσφόρου**

- Παίξει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της ρίζας, στην πρόιμη ανάπτυξη, συμβάλλει στην ανθοφορία και ευνοεί την καρποφορία και την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας.
- Οι νεαροί καρποί συγκεντρώνουν μεγαλύτερες ποσότητες φωσφόρου, ενώ οι παλαιότεροι καρποί συγκεντρώνουν μικρότερες ποσότητες.
- Βοηθά στην εξισορρόπηση των φαινομένων που προκαλούνται από την περίσσεια αζώτου.

### **1.1.3.Συμπτώματα τροφοπενίας Φωσφόρου**

Συμπτώματα έλλειψης φωσφόρου είναι ο σκούρος αποχρωματισμός των παλαιότερων χαμηλών φύλλων. Το φυτό έχει καθυστερημένη ανάπτυξη, γίνεται νάνο με αδύναμο στέλεχος, έχει μειωμένη ανθοφορία και το ριζικό σύστημα παραμένει φτωχό.

- Έλλειψη φωσφόρου προκαλεί σε πολλά είδη καρπών σχίσσιμο π.χ. κεράσια και αποτελεί μία αιτία για εμφάνιση ασθeneιών κυρίως στα γιγαρτόκαρπα.

### **1.1.4.Περίσσεια Φωσφόρου**

- Σε υπερβολικές ποσότητες P μπορεί να προκληθεί τροφοπενία σιδήρου, μαγγανίου ή ψευδαργύρου εξαιτίας της αδιαλυτοποίησης των στοιχείων αυτών.
- Μεγάλες περιεκτικότητες P μπορούν να οδηγήσουν στο φαινόμενο του ευτροφισμού των λιμναίων συστημάτων γλυκών νερών.

### **1.1.5.Ευτροφισμός**

- Οφείλεται στην ανάπτυξη μονοκύτταρων φυκών (Algae), που προκαλεί η αύξηση της συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων στα υδατικά οικοσυστήματα.

- Οδηγεί στην εξαφάνιση της μακροφυτικής υδρόβιας βλάστησης και τελικά στη θανάτωση των ζωικών πληθυσμών.
- Μετά από την έντονη ανάπτυξη των φυκών ακολουθεί νέκρωση και αποσύνθεση της βιομάζας αυτής, δημιουργώντας αναερόβιες συνθήκες.

Η ευρωπαϊκή ένωση έχει θεσπίσει ποιοτικά κριτήρια του ύδατος για οικιακή χρήση με την οδηγία «πόσιμοι ύδατος» 80/778/EEC με την οποία καθορίζεται ως ανώτατο αποδεκτό όριο τα 5000  $\mu\text{g P}_2\text{O}_5$  με συνιστώμενη τιμή τα 400  $\mu\text{g P}_2\text{O}_5$ .

### 1.1.6. Λίπανση με Φώσφορο

- Η λίπανση P μπορεί να γίνει με τα απλά υπερφωσφορικά λιπάσματα περιεκτικότητας σε  $\text{P}_2\text{O}_5$  16 – 24% ή με τα πυκνά υπερφωσφορικά λιπάσματα περιεκτικότητας σε  $\text{P}_2\text{O}_5 \approx 45\%$ .
- Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σύνθετα λιπάσματα όπως νιτροφωσφορικά, πολυφωσφορικά και φωσφορικό αμμώνιο.

## 1.2. Ρύπανση εδαφών με $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{HPO}_4^{2-}$ , $\text{PO}_4^{3-}$ και τρόποι αντιμετώπισης

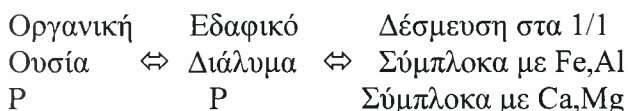
### 1.2.1. Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκράτηση φωσφόρου στο έδαφος

- **Ορυκτά Αργίλου.** Ο P συγκρατείται περισσότερο στα ορυκτά της αργίλου του τύπου 1/1, σε σύγκριση με αυτά του τύπου 2/1.
- **Χρόνος επαφής P με το έδαφος.** Όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος επαφής, τόσο μεγαλύτερη είναι η δέσμευση P.
- **pH.** Μέγιστη διαθεσιμότητα P παρατηρείται σε pH 5,5-7. Το pH του εδάφους ρυθμίζει την ιονική μορφή P.

### 1.2.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκράτηση φωσφόρου στο έδαφος

- **Οργανική ουσία.** Η παρουσία της οργανικής ουσίας αυξάνει τη διαθεσιμότητα P, διότι παράγεται CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> που κατεβάζει το pH. Ο ανόργανος P είναι περισσότερος από τον οργανικό στο έδαφος

**Ο P του εδαφικού διαλύματος βρίσκεται σε ισορροπία με την οργανική ουσία σύμφωνα με το διάγραμμα:**



### 1.2.3. Απορρόφηση φωσφόρου

- Ο P μπορεί να απορροφηθεί παθητικά με διάχυση και με ενεργητική απορρόφηση. Ο P απαντάται σε 3 ιονικές μορφές ήτοι H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ανάλογα με το pH.
- Σε γεωργικά εδάφη υπερισχύουν οι μορφές H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> και HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.
- Το OH<sup>-</sup> είναι αναστολέας της απορρόφησης και των δύο μορφών H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> και HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

### 1.2.4. Παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την απορρόφηση του φωσφόρου

- **Η παρουσία κατιόντων.** Όσο μεγαλύτερο το σθένος του κατιόντος στο διάλυμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η απορρόφηση P.
- **Υδατική καταπόνηση.** Μειώνει την απορρόφηση P.
- **Η συγκέντρωση.** Υψηλή συγκέντρωση P αυξάνει την απορρόφηση.

### 1.2.5. Απώλειες φωσφόρου από τα εδάφη

- **Υδατοδιαλυτός P ή και τεμαχιδιακός P** που απομακρύνεται από το έδαφος με την επιφανειακή απορροή του ύδατος των βροχοπτώσεων και με τη διάβρωση του εδάφους.
- **Υδατοδιαλυτός P ή και τεμαχιδιακός P** παρασυρόμενος με το καθοδικό ρεύμα του ύδατος των βροχοπτώσεων, το οποίο κινούμενο διαμέσου του εδάφους καταλήγει σε ρυάκια ή ποτάμια, χωρίς να φτάσει στον κύριο υπεδάφιο υδροφόρο ορίζοντα.
- **Υδατοδιαλυτός P ή και τεμαχιδιακός P** που απομακρύνεται με έκπλυση (leaching), δηλαδή παραλαμβάνεται από το καθοδικό ρεύμα του ύδατος του εδάφους φτάνει στον υδροφόρο ορίζοντα και διηθείται σε ποτάμια και λίμνες.

### 1.2.6. Απώλειες φωσφόρου από τα εδάφη

- Το μεγαλύτερο ποσοστό (60-90%) του P που απομακρύνεται από τα εδάφη είναι ορθοφωσφορικά ιόντα που είναι προσροφημένα σε ανόργανα ή οργανικά τεμαχίδια.

### 1.2.7. Οι επιδράσεις του φωσφόρου στο περιβάλλον

- Οι αρνητικές επιπτώσεις του P στο περιβάλλον σχετίζονται με τη ρυπογόνο δράση του στοιχείου αυτού στα υδατικά οικοσυστήματα (λίμνες και παράκτιες θαλάσσιες περιοχές) καθώς και στην ποιότητα του πόσιμου ύδατος, όταν η συγκέντρωσή του υπερβεί ορισμένα όρια.

### 1.2.8. Όρια Ευρωπαϊκής Ένωσης

- Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει ποιοτικά κριτήρια του ύδατος για οικιακή χρήση με την οδηγία *πόσιμου ύδατος* (Drinking water Directive 80/778/EEC), η οποία καθορίζει ως το ανώτατο αποδεκτό όριο τα 5000  $\mu\text{g P}_2\text{O}_5$  (ή 2200  $\mu\text{g P L-1}$ ) με συνιστώμενη τιμή τα 400  $\mu\text{g P}_2\text{O}_5$ .



### 1.2.9. Ρύπανση υδατοσυλλογών με φώσφορο

- Το υδάτινο οικοσύστημα περιέχει πολύ περισσότερο οργανικό P (σχεδόν δεκαπλάσιο) από ότι ανόργανο. Οι συνηθέστερες ανόργανες ενώσεις είναι οι ορθοφωσφορικές.
- Ο διαλυτός P βρίσκεται κυρίως υπό μορφή ορθοφωσφορικών και πολυφωσφορικών ενώσεων.

### 1.2.10. Ο αδιάλυτος φώσφορος είναι τριών κατηγοριών:

- οργανικός P που αποτελεί μέρος του σώματος των οργανισμών της υδατοσυλλογής.
- τεμαχίδια ανόργανων φωσφορικών ενώσεων από πετρώματα και έδαφος.
- προσροφημένος P σε οργανικά θρύμματα.

### 1.2.11. Οι πηγές εμπλουτισμού με φώσφορο είναι οι ακόλουθες:

- **Ατμόσφαιρα.** Το νερό της βροχής περιέχει ελάχιστο P (<30 mg/L). Η περιεκτικότητα όμως αυτή σε ειδικές περιπτώσεις μπορεί να ξεπεράσει τα 100 mg P/L.
- **Επιφανειακά νερά της λεκάνης απορροής.** Είναι ο κύριος τρόπος εμπλουτισμού των υδατοσυλλογών με P.

### 1.2.12. Προέλευση φωσφόρου της λεκάνης απορροής

- **Πρώτον**, η φυσική διάβρωση εδαφών και πετρωμάτων από τα επιφανειακός απορρέοντα νερά που εμπλουτίζονται με διαλυτό P και με σωματίδια αργίλου που έχουν προσροφημένο P.
- **Δεύτερον**, απόβλητα οικισμών, κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων, και βιομηχανιών.
- **Τρίτον**, φωσφορικά λιπάσματα. Όταν η λεκάνη απορροής είναι καλλιεργούμενη, τα απορρέοντα νερά θα περιέχουν και P προερχόμενο από τη φωσφορική λίπανση των αγρών.
- Σχετικές έρευνες έδειξαν ότι οι μέσες τιμές από καλλιεργούμενες λεκάνες απορροής παρείχαν στα νερά 30-70 Kg ορθοφωσφορικού P ανά Km<sup>2</sup> ετησίως, ενώ η παροχή P των λεκανών που ήταν καλυμμένες με φυσική βλάστηση ήταν πολύ μικρή.

■ Οι τιμές από καλλιεργούμενες λεκάνες ήταν 50 Kg/Km<sup>2</sup>/έτος για μέσης υφής ανόργανα εδάφη και 200-400 Kg/Km<sup>2</sup>/έτος για βαριά και οργανικά εδάφη. Αντίθετα, από μη καλλιεργούμενες λεκάνες (λιβάδια, δασική βλάστηση) οι αντίστοιχες τιμές ήταν μικρότερες από 5 Kg/Km<sup>2</sup>/έτος.

### 1.2.13. Τρόποι αντιμετώπισης

■ Τα **θέματα απορρύπανσης** αφορούν την ανάληψη ενεργειών για την περιβαλλοντική αποκατάσταση εδαφών και υδροφορέων που έχουν ήδη ρυπανθεί, ενώ τα **θέματα προστασίας** αφορούν τη λήψη μέτρων για να αποφευχθεί η περαιτέρω επέκταση της ρύπανσης από περιοχές που έχουν ρυπανθεί προς άλλες περιοχές (π.χ. μέσω της κίνησης του υπόγειου νερού).

### 1.2.14. Κατηγορίες θεμάτων απορρύπανσης εδαφών και υπόγειων υδροφορέων

■ Καθαρισμός εδαφών που έχουν ρυπανθεί από την ανεξέλεγκτη ταφή χημικών αποβλήτων, τοξικών αποβλήτων, γεωργικών φαρμάκων (π.χ. DDT, Aldrin, μαλαθείο, PCP3), βαρέων μετάλλων (υδράργυρος, μόλυβδος, κάδμιο) κλπ.

■ Καθαρισμός εδαφών που έχουν ρυπανθεί από την απόθεση αστικών ή βιομηχανικών αποβλήτων σε παλαιότερες εποχές χωρίς να ληφθούν ειδικά μέτρα προστασίας.

### 1.2.15. Κατηγορίες θεμάτων προστασίας εδαφών και υπόγειων υδροφορέων

■ Προστασία από τη ρύπανση υδροφορέων που γειτνιάζουν με περιοχές που έχουν ρυπανθεί μέσω κάποιας από τις παραπάνω αιτίες.

■ Η αρχή της Ισορροπής ή Σταθμισμένης λίπανσης. Για να περιοριστούν οι απώλειες θρεπτικών στοιχείων από τη γεωργία στο περιβάλλον, εφαρμόστηκε η αρχή της ισορροπής λίπανσης

### 1.2.16. Με βάση την περιβαλλοντική προσέγγιση η ισορροπη λίπανση αναφέρεται στην παροχή θρεπτικών στοιχείων στα φυτά από κάθε πηγή, έτσι ώστε:

■ Να καλύπτονται οι ανάγκες των καλλιεργειών.

■ Οι προκύπτουσες απώλειες των θρεπτικών στοιχείων και ο εμπλουτισμός του υδάτινου και ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος να τηρούνται σε περιβαλλοντικά επίπεδα

■ Η απλούστερη και λιγότερο δαπανηρή μέθοδος περιβαλλοντικής αποκατάστασης είναι η λεγόμενη “μηδενική λύση”, κατά την οποία δεν λαμβάνονται ειδικά μέτρα απορρύπανσης, αλλά η εξασθένιση του ρυπαντικού φορτίου επαφίεται στους φυσικούς μηχανισμούς υποβάθμισης, όπως η βιολογική αποδόμηση των ρύπων, η προσρόφησή τους στην επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών, η μείωση της συγκέντρωσης των ρύπων μέσω αραίωσης ή εξάτμισης.

#### 1.2.17 Τεχνολογίες Απορρύπανσης Εδαφών

■ Η βιολογική αποκατάσταση (bio-remediation) μέσω της αποδόμησης των οργανικών ρύπων, είτε επιτόπου είτε μετά από εκσκαφή και αναμόχλευση.

■ Η έκπλυση του εδάφους με χημικές ουσίες (soil washing, chemical extraction, leaching).

■ Η θερμική επεξεργασία είτε επιτόπου είτε μετά από μεταφορά σε ειδικούς κλιβάνους όπου επιβάλλεται απλή θέρμανση (heating), καύση (incineration) ή επεξεργασία με ατμό (steamstripping).

■ Η απορρύπανση με εφαρμογή υποπίεσης (vacuum extraction) ή απλού αερισμού (soil venting).

### 1.3. Γκαιτίτης

Ο γκαιτίτης (εικόνα 1.1, 1.2) είναι το ορυκτό που έχει χημικό τύπο  $\alpha\text{-FeOOH}$  ανήκει στην κατηγορία των υδροξειδίων και κρυσταλλώνεται στο ρομβικό σύστημα. Πήρε το όνομα του προς τιμήν του Γερμανού ποιητή, συγγραφέα και φιλόσοφο Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832). Το ορυκτό ανακαλύφθηκε το 1806 σε περιοχές της Γερμανίας (<http://www.mindat.org>).



Εικόνες 1.1, 1.2: Ορυκτό του γκαϊτίτη

Έχει λάμψη αδαμαντώδη, μεταλλική, ημιμεταλλική, μεταξώδη ή θαμπή. Το χρώμα του διαφέρει και μπορεί να πάρει πολλές αποχρώσεις του καστανού μέχρι του μαύρου, του ωχροκίτρινου ή του καστανοκίτρινου. Η σκληρότητα του κυμαίνεται από 5 – 5,5 Mohs ενώ το ειδικό του βάρος από 3,3 - 4,3 g/cm<sup>3</sup>. Μπορεί να είναι ημιδιαφανής ή αδιαφανής. Οι κρύσταλλοι του είναι σπάνιοι, πρισματικοί με κατακόρυφες γραμμώσεις. Είναι προϊόν αποσάθρωσης των σιδηρούχων ορυκτών ενώ αποτελεί μέταλλευμα σιδήρου. Συναφή ορυκτά με τον γκαϊτίτη βάση της κατάταξης του Strunz (<http://www.mindat.org>) είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 1.2. Συναφή ορυκτά με τον γκαϊτίτη

4/F.06-10	Diaspore	AlO (OH)
4/F.06-20	Böhmite	AlO (OH)
4/F.06-25	Tsumgallite	GaO(OH)
4/F.06-40	Lepidocrocite	Fe <sup>γ-3+</sup> O(OH)
4/F.06-50	Akaganéite	Fe <sup>β-3+</sup> O(OH, Cl)
4/F.06-60	Feroxyhyte	Fe <sup>3+</sup> O(OH)
4/F.06-70	Manganite	Mn <sup>3+</sup> O(OH)
4/F.06-80	Groutite	Mn <sup>3+</sup> O(OH)
4/F.06-90	Feitknechtite	Mn <sup>3+</sup> O(OH)

Πηγή: (<http://www.mindat.org>)

Η ύπαρξη γκαϊτίτη στο περιβάλλον είναι περιορισμένη όχι όμως στα εδάφη, όπου το ορυκτό αυτό είναι το πιο κοινό οξείδιο του σιδήρου, αλλά επίσης απαντάται σε αποθέσεις μεταλλευμάτων, σε θαλάσσια ιζήματα και σε βιολογικούς ιστούς. Από τα τέσσερα οξείδια του σιδήρου, ο αιματίτης και κυρίως ο λειμωνίτης βρίσκονται σε μεγαλύτερες ποσότητες από



τον γκαιτίτη και τον μαγνητίτη. Τα ορυκτά αυτά απελευθερώνουν σίδηρο και προσδίδουν στον έδαφος χαρακτηριστικές κοκκινοκίτρινες αποχρώσεις (κοκκινόχωμα).

Ο φυσικός γκαιτίτης που υπάρχει στο περιβάλλον συνήθως δεν βρίσκεται σε καθαρή μορφή ( $\alpha$ -FeOOH) ενώ περιέχει προσμίξεις από διάφορα ξένα στοιχεία όπως είναι το Mn και το H<sub>2</sub>O. Για τις περισσότερες προσμίξεις δεν έχει γίνει συστηματική έρευνα και δεν είναι γνωστό για τα περισσότερα στοιχεία με ποιο ακριβώς τρόπο συγκρατούνται στο κρυσταλλικό πλέγμα του γκαιτίτη. Το αργίλιο μπορεί να προσροφηθεί σε αρκετά μεγάλο ποσοστό (περισσότερο από 33%) με ισόμορφη αντικατάσταση του καλίου.

Δεν υπάρχουν συγκεκριμένα δεδομένα σε σχέση με την επικινδυνότητα για την υγεία ή πιθανή τοξικότητα του, παρόλα αυτά δείγματα του ορυκτού θα πρέπει πάντα να μεταχειρίζονται ως πιθανώς τοξικά ή επικίνδυνα και να παίρνονται τα κατάλληλα μέτρα.

Μετά από έρευνες έχει βρεθεί ότι στα εδάφη το πλήρως οξειδωμένο σελήνιο αντιδρά κατά προτίμηση με τα οξείδια και υδροξείδια του σιδήρου άρα και τον γκαιτίτη. Η προσρόφηση του σεληνίου από τον γκαιτίτη είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς, όταν τα επίπεδα του σεληνίου στο έδαφος είναι υψηλά, συχνά συσσωρεύεται στα φυτά με αποτέλεσμα να δρα τοξικά στα ζώα που θα τα καταναλώσουν.

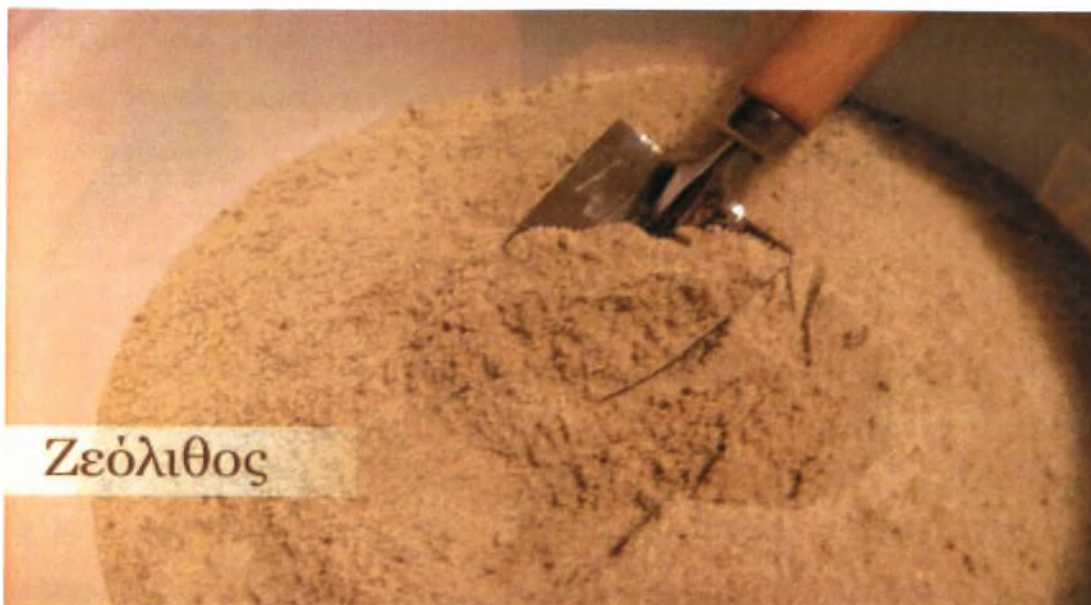
Στον ελλαδικό χώρο γκαιτίτης έχει βρεθεί σε ασβεστόλιθους στην Κρήτη. Τα πετρώματα της περιοχής αυτής περιέχουν ασβεστίτη σε ποσοστό που κυμαίνεται από 80% έως 84% ενώ σε μικρότερες αναλογίες περιέχονται ιλλίτης, χαλαζίας, αλβίτης και γκαιτίτης.

Ο γκαιτίτης αποτελεί ένα παραπροϊόν της υδρομεταλλουργικής διαδικασίας για την παρασκευή μεταλλικού ψευδαργύρου. Εξαιτίας της παρουσίας προσμίξεων (Zn, Pb, Ni, Cd, Cu, κ.λ.π.) και της μεγάλης ποσότητας που παράγεται ετησίως, η διάθεση του γκαιτίτη αποτελεί ένα σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα που ανεγείρει κοινωνικές και οικονομικές δυσκολίες για τις βιομηχανίες παρασκευής ψευδαργύρου. Μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση για την ανακύκλωση του γκαιτίτη σε συνδυασμό με άλλα βιομηχανικά κατάλοιπα και την παρασκευή υλικών υαλουργίας.

#### 1.4. Ζεόλιθος

Οι ζεόλιθοι (εικόνα 1.3) είναι αργιλλοπυριτικά ορυκτά μιας ευρείας ομάδας ένυδρων αργιλλοπυριτικών ορυκτών με στενές ομοιότητες στη χημική σύνθεση και τη βασική κρυσταλλική δομή. Χαρακτηρίζονται από ένα τρισδιάστατο αργιλλοπυριτικό πλέγμα, όπου υπάρχουν κατιόντα αλκαλίων και αλκαλικών γαιών κυρίως Na<sup>+</sup> και Ca<sup>2+</sup> καθώς και μεγάλες ποσότητες H<sub>2</sub>O που εισέρχονται στα κενά του πλέγματος. Πολλοί ζεόλιθοι τήκονται με

ταυτόχρονη αύξηση του όγκου τους. Η ιδιότητα αυτή έγινε γνωστή από τον Σουηδό ορυκτολόγο Barol Axel Fredrick Cronstedt, ο οποίος ανακάλυψε το 1756 καλά σχηματισμένους κρυστάλλους και τους ονόμασε ζεόλιθους από τις ελληνικές λέξεις «ζέω» και «λίθος», δηλαδή αναβράσουσες πέτρες. Κι αυτό γιατί όταν θερμαίνεται χάνει άμεσα όλο το νερό του υπό μορφή φυσαλίδων, δίνοντας έτσι την εντύπωση ότι βράζει.



Εικόνα 1.3 Το ορυκτό ζεόλιθος (υπό μορφή πούδρας)

#### 1.4.1. Δομή

Το κύριο δομικό στοιχείο των ζεόλιθων είναι ένα τετράεδρο από τέσσερα οξυγόνα που περιστοιχίζουν ένα μικρό άτομο πυριτίου ή αργιλίου. Το δομικό πλέγμα των ζεόλιθων συνίσταται από τετράεδρα  $\text{SiO}_4$  και  $\text{AlO}_4$  έτσι ώστε κάθε οξυγόνο να βρίσκεται μεταξύ δύο τετραέδρων.

Η ατομική αναλογία του οξυγόνου προς τα άτομα του αργιλίου και του πυριτίου είναι ίση με δύο. Επειδή το αργίλιο έχει ένα λιγότερο αρνητικό φορτίο απ' ό,τι το πυρίτιο το πλέγμα έχει ένα αρνητικό σθένος το οποίο εξισορροπείται από την ιονική ανταλλαγή. Κάθε ιόν  $\text{K}^+$  και  $\text{Na}^+$  μπορεί να εξισορροπήσει ένα  $\text{Al}$  αλλά κάθε ιόν  $\text{Ca}^{2+}$  με δύο θετικά σθένη μπορεί να εξισορροπήσει δύο  $\text{Al}$ . Άστριοι και αστριοειδή έχουν παρόμοια δομικά πλέγματα αλλά η δομή τους είναι πιο συμπαγής από αυτή των ζεόλιθων (Gottardi G., 1985).

Οι δομές των ζεόλιθων ομαδοποιούνται ανάλογα με το είδος των συνδέσεων μεταξύ των τετραέδρων σε:

- Συνδέσεις που είναι σχεδόν συγκεντρωμένες σε μια κρυσταλλογραφική διεύθυνση.

- Συνδέσεις συγκεντρωμένες σε ένα επίπεδο.
- Συνδέσεις ομοιόμορφα κατανεμημένες προς τις τρεις κρυσταλλογραφικές διευθύνσεις.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν ο νατρόλιθος, ο mesolite, ο σολεσίτης και ο τομσονίτης.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι ευλανδίτης, ο σωλβίτης και ο brewsterite.

Πρέπει επίσης, να αναφερθεί ότι στο πλέγμα των ζεόλιθων υπάρχουν κενοί χώροι, «κανάλια», μέσα στα οποία εισέρχονται τα μόρια νερού και τα κατιόντα που συγκρατούνται ασθενώς στο πλέγμα με αποτέλεσμα να μπορούν να αποσπασθούν και να αντικατασταθούν από άλλα ιόντα, χωρίς διάρρηξη των δεσμών του πλέγματος (Gottardi G., 1985).

#### 1.4.2. Φυσικές και χημικές ιδιότητες

Οι ζεόλιθοι όταν είναι καθαροί είναι άχρωμοι ή λευκοί. Συχνά όμως λόγω της παρουσίας σε λεπτομερή διασπορά οξειδίων του σιδήρου και άλλων προσμίξεων παρουσιάζονται έγχρωμοι. Η πυκνότητά τους ποικίλει από 2 έως 2,3 gr cm<sup>-3</sup> εκτός των πλουσίων σε Ba ζεόλιθων στους οποίους η πυκνότητα κυμαίνεται μεταξύ 2,5 και 2,8 gr cm<sup>-3</sup>. Ο δείκτης διάθλασης των διαφόρων μελών της ομάδας κυμαίνεται μεταξύ 1,47 και 1,52.

Ο ζεόλιθος είναι ένα πορώδες ορυκτό με τεράστια ιοντοανταλλακτική ικανότητα και λόγω αυτής, μπορεί να φιλτράρει το νερό δεσμεύοντας μέταλλα και οργανικές ενώσεις.

Μεγάλο ενδιαφέρον προκάλεσε η παρουσία μεγάλων κενών χώρων και καναλιών στο πλέγμα των ζεόλιθων. Όταν το νερό αποβληθεί, οι χώροι αυτοί είναι δυνατόν να πληρωθούν με διάφορες αερίωδεις ουσίες, όπως αμμωνία, ατμούς ιωδίου ή ακόμα και ατμούς υδραργύρου, π.χ. ο τομσονίτης απορροφά την αιθυλική αλκοόλη και την ισοπροπυλική αλκοόλη. Η διεργασία αυτή εξαρτάται από το εκάστοτε είδος ζεόλιθου. Ειδικότερα μόρια που έχουν μεγαλύτερη διάμετρο από αυτή των καναλιών δε μπορούν να μπουν στα κοιλώματα της δομής των ζεόλιθων και έτσι είναι αδύνατον να προσροφηθούν. Σε αυτή την απλή αρχή βασίζεται η γνωστή εφαρμογή πολλών ζεόλιθων ως «μοριακά κόσκινα» που χρησιμοποιούνται κυρίως για το διαχωρισμό αέριων μειγμάτων (Gottardi G., 1985).

Το εύρος των καναλιών όμως δεν είναι η μόνη προϋπόθεση για τη διαπερατότητα αφού η παρουσία πολλών κατιόντων μπορεί να φράξει τα κανάλια ενώ η μοριακή και η ιοντική διάχυση επηρεάζονται από το προσροφημένο νερό. Γενικά η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων ελαττώνεται με την απώλεια νερού.

Με εξαίρεση τον ανάλκιμο και τον νατρόλιθο στους περισσότερους πυριτικούς ζεόλιθους το K<sup>+</sup> και Na<sup>+</sup> τείνουν να είναι πιο εύκολα ανταλλάξιμα από το Ca<sup>2+</sup> αφού είναι μονοσθενή και έτσι συγκρατούνται με ασθενέστερο ηλεκτροστατικό φορτίο.

Στους περισσότερους ζεόλιθους σε κάθε μόριο νερού αντιστοιχεί ένας αριθμός από πιθανές θέσεις στο εσωτερικό του πλέγματος και αυτό μπορεί να μετακινείται από τη μία στην άλλη. Γενικά, οι ασβεστούχοι ζεόλιθοι απορροφούν περισσότερο νερό. Στον χαβαζίτη, τον ευλανδίτη και τον στιλβίτη το νερό συγκρατείται ευκολότερα όταν αυτοί έχουν στο πλέγμα τους  $\text{Ca}^{2+}$  και όχι  $\text{K}^+$  (Gottardi G., 1985).

### 1.4.3. Χημισμός

Οι περισσότεροι ζεόλιθοι δείχνουν μια θεωρητική διαφοροποίηση στη χημική σύνθεση συμπεριλαμβανομένης και της διαφοροποίησης στην περιεκτικότητα σε νερό, την περιεκτικότητα των κατιόντων και το λόγο Si/Al. Τα περισσότερο συνηθισμένα κατιόντα στους φυσικούς ζεόλιθους είναι το  $\text{K}^+$ , το  $\text{Na}^+$  και το  $\text{Ca}^{2+}$ . Το βάριο, το στρόντιο και το μαγνήσιο βρίσκονται εντούτοις σε μερικούς ζεόλιθους. Το βάριο είναι υψηλής ενέργειας κατιόν στο Harmotone των ζεόλιθων (Kuzvart M., 1984).

Αν και το κάλιο περιέχεται σε πολλούς ζεόλιθους γενικά δεν είναι υψηλής ενέργειας κατιόν ίσως λόγω του μεγάλου σχετικά μεγέθους του.

Ο κανονικός αριθμός των  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ατόμων στο σχηματισμό των ζεόλιθων πρέπει να σχετίζεται με το λόγο Si/Al και προκύπτει από τη σχέση:  $\text{K} + \text{Na} + \text{Ca} = \text{Al}$ .

Οι αντικαταστάτες των  $\text{Al}^{3+}$  από  $\text{Si}^{4+}$  στο πλέγμα του ζεόλιθου απαιτούν την παρουσία ενός κατιόντος το οποίο θα διατηρήσει την ισορροπία. Η μεγαλύτερη αντικατάσταση Al για Si γίνεται όταν ο λόγος Si/Al τείνει στο ένα. Ο τομσονίτης, ο giomondine και ο Gonnadite είναι οι μόνοι φυσικοί ζεόλιθοι που έχουν Si/Al που τείνει στη μονάδα. Ένας εμπορικής σημασίας ζεόλιθος που ονομάζεται Type A έχει συντεθεί με λόγο Si/Al = 1 (Kuzvart M., 1984).

Η μικρότερη αντικατάσταση  $\text{Al}^{3+}$  από  $\text{Si}^{4+}$  είναι στον mordenite ο οποίος έχει λόγο Si/Al περίπου 5. Όπως και οι άστριοι έτσι και οι ζεόλιθοι δίνουν αντικατάσταση του  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{Al}^{3+}$  από  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  και Si. Γίνεται αντικατάσταση, επίσης,  $\text{Ca}^{2+}$  από  $\text{Na}^+$  και  $\text{K}^+$  χωρίς να αλλάζει η δομή του πλέγματος. Αυτή η τελευταία αντικατάσταση μπορεί να υπάρξει στους ζεόλιθους κάθε στιγμή μετά την κρυστάλλωσή τους.

Ο λόγος Si/Al ενός ζεόλιθου είναι σχεδόν καθορισμένος από τη στιγμή της κρυστάλλωσης και δεν διαμορφώνεται περιστασιακά ανάλογα με τη δυσκολία της κίνησης του Si και Al στο πλέγμα.

Μερικοί ερευνητές έχουν βρει μια σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας σε νερό των ζεόλιθων και το είδος του εναλλασσόμενου κατιόντος στη δομή. Γενικά μπορεί να λεχθεί ότι η περιεκτικότητα σε νερό των ζεόλιθων μεγαλώνει καθώς μειώνεται η ακτίνα του κατιόντος (Kuzvart M., 1984).



Η περιεκτικότητα σε νερό είναι επίσης μεγαλύτερη για ένα δισθενές κατιόν από ότι για ένα μονοσθενές κατιόν με την ίδια ακτίνα.

Όσον αφορά, τα περιβάλλοντα πετρώματα πιστεύεται ότι οι ζεόλιθοι, είναι μεταξύ των πλέον πυριτικών ορυκτών που απαντούν στα ιζηματογενή κοιτάσματα του τύπου αυτού και είναι τα μεγαλύτερα και τα πλέον ενδιαφέροντα από οικονομικής άποψης. Σχηματίζονται σε διάφορα από άποψη ηλικίας, λιθολογίας και αποθέσεως περιβάλλονται κατά τη διεργασία της διαγενετικής εξαλλοιώσεως των ιζηματογενών πετρωμάτων.

#### **1.4.4. Ζεόλιθοι ανά τον κόσμο**

**Ιαπωνία:** για πρώτη φορά το 1949 ανακαλύφθηκε κοιτάσμα ζεόλιθων με μεγάλη περιεκτικότητα σε κλινοπτινόλιθο μέσα σε συμπαγείς πράσινους τόφφους καθώς και κοιτάσματα μορντενίτη μέσα σε μειοκενικούς μπεντονίτες. Τώρα, στην Ιαπωνία υπάρχουν 14 εταιρείες που εκμεταλλεύονται τα κοιτάσματα ζεόλιθων. Δύο από αυτές παράγουν ποσότητες μεγαλύτερες από 10.000 τόνους το χρόνο. Μαζί με τους ζεόλιθους εξορύσσεται και μοντμοριλονίτης (Kuzvart M., 1984).

**Η.Π.Α.:** η παραγωγή ζεόλιθων είναι πολύ μικρή παρότι έγιναν σημαντικές επενδύσεις σε αυτόν τον τομέα. Υπάρχουν τρία κοιτάσματα στην Αριζόνα, στην Καλιφόρνια και στη Νεβάδα. Το μέταλλευμα αποτελείται από χαβαζίτη, κλινοπτινόλιθο, εριονίτη. Τελευταία, έχει ξεκινήσει η χρήση των ζεόλιθων σε εμπορικές εφαρμογές (Kuzvart M., 1984).

**Κούβα:** έχουν βρεθεί μεγάλα αποθέματα ζεόλιθων. Το μέταλλευμα αποτελείται από κλινοπτινόλιθο, ευλανδίτη, μορντενίτη, ανάκλιμο. Τα στρώματα μεταλλεύματος έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε Ca και χαμηλή περιεκτικότητα σε Na. Στην Κούβα οι ζεόλιθοι χρησιμοποιείται στη γεωργία και στην κτηνοτροφία (Kuzvart M., 1984).

Στον υπόλοιπο κόσμο αποθέματα ζεόλιθων πλούσια σε κλινοπτινόλιθο, εργονίτη, μορντενίτη έχουν βρεθεί στην Α. Ευρώπη, στη Γερμανία, στην Τουρκία και στην Ιταλία. Στην Τουρκία και στην Ελλάδα δεν έχει αναπτυχθεί η εκμετάλλευση των ζεόλιθων, αφού χρησιμοποιούνται κυρίως σαν συστατικό στα τσιμέντα.

#### **1.4.5. Ζεόλιθοι στην Ελλάδα**

Στην Ελλάδα η συστηματική κοιτασματολογική έρευνα για ανεύρεση ζεόλιθων άρχισε να εκτελείται από το ΙΓΜΕ περίπου πριν μια δεκαετία. Η έρευνα αυτή είναι αποτέλεσμα του γεγονότος ότι οι ζεόλιθοι βρίσκουν εφαρμογές σε πολυάριθμους τομείς που καθημερινά



αυξάνουν και έχουν καταστεί από τα πολυτιμότερα μη μεταλλικά ορυκτά (Κοσιάρης Γ., 1991).

Οι ζεόλιθοι στον ελλαδικό χώρο υποδιαιρούνται:

- Με βάση τα πετρώματα που συναντώνται.
- Με βάση τον τρόπο γέννησής τους.

Οι ζεόλιθοι στον ελλαδικό χώρο διακρίνονται:

**1. Ζεόλιθοι μέσα σε βαλσατικά πετρώματα.** Μέσα σε αμυγδαλοειδή και διάκενα βαλσατικών και ανδεσιτικών λαβών αναπτύσσονται καλοσχηματισμένοι κρύσταλλοι φυσικών ζεόλιθων. Οι γνωστότερες περιοχές εύρεσης ζεόλιθων σε ανδεσιτικές λαβές είναι:

- Το όρος Όρθρυς, όπου απαντώνται τα ορυκτά λομοντίνης, στιλβίτης και νατρόλιθος.
- Η Δυτική Θράκη (Βυρίνη), όπου βρέθηκαν κρύσταλλοι στυλβίτη και λαβμονίτη.
- Η Λήμνος, όπου απαντώνται κρύσταλλοι νατρόλιθου και δομσονίτη.
- Η Μυτιλήνη και
- Η Σάμος, όπου βρέθηκαν κρύσταλλοι νατρόλιθου και αναλκίμου.

**2. Ζεόλιθοι σε τοφφικά υλικά.** Μόλις στα μέσα της δεκαετίας του 1970 άρχισαν να μελετώνται οι ζεόλιθοι των τοφφών με βάση διαφορετικά μοντέλα σχηματισμού. Για την Ελλάδα ισχύουν τέσσερα μοντέλα δημιουργίας:

- Ζεόλιθοι που οφείλουν τη γένεσή τους σε περιβάλλον αβαθούς θάλασσας (ανοιχτού υδρολογικού συστήματος). Σε αυτό το μοντέλο ανήκουν οι περιοχές: Δυτική Θράκη, Μεταξάδες, Πεντάλοφος, Λευκίμη, Κίρκη και Φερρές όπου τα κύρια ζεολιθικά ορυκτά είναι ο κλινοπτινόλιθος και ο μορδενίτης. Αυτά τα ορυκτά περιέχουν σε μικρές ποσότητες καλιούχους αστρίους, χαλαζίες, βιοτίτες και σε ασήμαντη αναλογία αργιλικά ορυκτά (χλωρίτες, ιλλίτες, βερμικουλίτη).
- Ζεόλιθοι ανοιχτού υδρολογικού συστήματος. Απαντώνται στα νησιά Μήλος, Κίμωλος, Σαντορίνη, Πολύαιγος. Σε αυτές τις περιοχές έχουμε όξινης σύστασης τοφφίτες πράσινου χρώματος. Τα τοφφικά υλικά εμφανίζονται πάρα πολύ λεπτομερή με αποτέλεσμα η μικροκρυσταλλική τους μάζα μερικές φορές στο μικροσκόπιο να φαίνεται άμορφη. Το μέγεθός της είναι μικρότερο από 0,02 mm. Τα κύρια ζεολιθικά ορυκτά είναι ο μορντενίτης και ο κλινοπτινόλιθος που συνοδεύεται από σεμκίτη.
- Αποθέσεις αλκαλικών αλμυρών λιμνών. Το μοντέλο αυτό συναντάται στη δυτική λεκάνη της Σάμου, στο Καρλόβασι, όπου έχουμε τραχειτικής σύστασης πετρώματα με χρώματα γκρι, καφέ, πράσινα πολύ λεπτομερή, τα οποία κατατάσσονται στην ηφαιστειακή στάχτη. Τα πετρώματα αυτά έχει βρεθεί ότι περιέχουν κλινοπτινόλιθο, ανάλκιμο καθώς και

σε μικρότερες ποσότητες μορντενίτη, οπάλιο C, χριστοβαλίτη, τριδυμίτη και μεγάλες ποσότητες αυθιγενούς K – άστριου και σμεκτίτη.

- Ζεόλιθοι που οφείλουν τη γένεσή τους σε υδροθερμική εξαλλοίωση. Τέτοιο μοντέλο συναντάμε στα ερείπια της Βυρίνης και στα «άσπρα χώματα» Φερρών. Τα ζεολιθικά ορυκτά που συναντάμε είναι μορδενίτης, στυλβίτης και κλινοπτινόλιθος, τα οποία περιέχουν σε μικρότερες ποσότητες χαλαζία, άστριους και θραύσματα ασβεστίτη. Η υδροθερμική ζεολιθίωση στις περιοχές αυτές είναι νεότερη του Πριαμπονίου γιατί τα φλεβίδια του στυλβίτη διαπερνούν τους ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμούς Πριαμπονίου.

- Ζεόλιθοι σε ιζηματογενή πετρώματα. Μοντέλο σχηματισμού είναι σε λιμναίο ή θαλάσσιο περιβάλλον χωρίς απευθείας μαρτύριο για ύπαρξη αρχικού ηφαιστειακού υλικού. Οι περιοχές που ισχύει αυτό το μοντέλο είναι: η Λευκάδα, η Ζάκυνθος και η Κεφαλονιά. Το μοναδικό ζεολιθικό ορυκτό, το οποίο προσδιορίζεται μετά την απομάκρυνση των ανθρακικών ορυκτών των δειγμάτων είναι ο κλινοπτινόλιθος. Τα πετρώματα στα οποία φιλοξενείται είναι μάργες πορσελανίτες (πλούσια σε χαλκηδόνιο και οπάλιο CT). Ο κλινοπτινόλιθος προκύπτει από την υδρόλυση του βιογενούς πυριτίου. Με τον όρο βιογενές πυρίτιο εννοούμε το πυρίτιο που προέκυψε στη φύση από την αποσύνθεση των ζωντανών οργανισμών όπως είναι τα ακτινόζωα, τα διάτομα, οι βελόνες και οι σπόγγοι.

Από άποψη αποθεμάτων η περίπτωση αυτή είναι μη επιθυμητή γιατί ο ζεόλιθος αποτελεί μικρό ποσοστό του πετρώματος.

Συμπερασματικά, οι φυσικοί ζεόλιθοι παρουσιάζονται μέσα σε ηφαιστειακούς τοφφούς στο προσκίνηιο σαν ένα δυναμικό κομμάτι του ορυκτού πλούτου της χώρας μας. Γι' αυτό χρειάζεται η δημιουργία όλων των προϋποθέσεων για την ολοκληρωμένη έρευνά τους.

Οι σχηματισμοί που φιλοξενούνται είναι ηφαιστειακοί τοφφοί. Η εξόρυξη και η κατεργασία τους είναι απλή και δεν απαιτεί μεγάλες δαπάνες ενώ από την άλλη πλευρά οι τομείς εφαρμογών έχουν ευρύ φάσμα με μεγάλες δυνατότητες αξιοποίησής τους προς όφελος της βιομηχανικής και οικονομικής ανάπτυξης της χώρας.

#### 1.4.6. Χρήσεις ζεόλιθων

Σκοπός κάθε επιστημονικής έρευνας είναι η άντληση χρήσιμων για τον άνθρωπο πληροφοριών. Χρήσιμο λοιπόν είναι να αναφερθούμε λεπτομερώς στη χρήση των ζεόλιθων.

Οι ζεόλιθοι χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τον Dyer A. (1984),:

- **Ως προσθετικά χορτομάζας.** Οι ζεόλιθοι χρησιμεύουν σαν προσθετικά μάζας στην Ιαπωνία γιατί δεν υπάρχουν στη χώρα άλλα πληρωτικά όπως π.χ. ο καολίνης. Στην αγορά

της Ιαπωνίας χρησιμοποιείται η μεγαλύτερη ποσότητα φυσικών ζεόλιθων. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται περίπου 44.000 τόνοι το χρόνο. Η ποιότητα που χρησιμοποιείται είναι τόφοι με κλινοπτινόλιθο. Αυτό το υλικό επεξεργασμένο αυξάνει και το πάχος του χαρτιού.

- **Ως εδαφοβελτιωτικό.** Περίπου 5.000 – 6.000 τόνοι ζεόλιθων χρησιμοποιούνται σαν βελτιωτικά εδαφών στην Ιαπωνία. Η χρήση αυτών των ζεόλιθων και κυρίως του κλινοπτινόλιθου είναι πολλαπλή. Συγκεκριμένα, οι ζεόλιθοι με σωστό μέγεθος δεν χρησιμοποιούνται μόνο για τον αερισμό των εδαφών και για την εξουδετέρωση των όξινων εδαφών αλλά ελέγχουν αποτελεσματικά την ελευθέρωση του αμμωνίου, του αζώτου και του καλίου από τα λιπάσματα. Έτσι, η λίπανση που συνήθως ξεπλένεται από τα επιφανειακά νερά ή από τον ήλιο παραμένει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μέσα στο έδαφος. Ο ζεόλιθος βρίσκεται στα λιπάσματα είτε ακατέργαστος είτε εμπλουτισμένος από ιόντα αμμωνίου και καλίου. Επίσης, είναι δυνατόν με τη βοήθεια του ζεόλιθου να απομακρυνθούν και κάποια άλλα στοιχεία – βαρέα μέταλλα από το έδαφος όπως π.χ. το κάδμιο, ο χαλκός, το μαγγάνιο και ο ψευδάργυρος. Η χρήση του ακατέργαστου ζεόλιθου προτιμάται λόγω χαμηλότερου κόστους.

- **Ως αποσκληρυντικό στα απορρυπαντικά.** Η χρήση του ζεόλιθου στον τομέα των απορρυπαντικών έχει συζητηθεί πολύ τα τελευταία χρόνια όχι μόνο ως αποσκληρυντικό του νερού αλλά και ως απορροφητικό των βαφών των χρωστικών ουσιών. Επίσης, ο ζεόλιθος χρησιμοποιείται και ως υπόστρωμα για την απόθεση των ελάχιστα διαλυτών αλάτων. Η κύρια τάση σε αυτή την εφαρμογή αφορά την αντικατάσταση του νατρίουχου τριφωσφορικού άλατος το οποίο χρησιμοποιείται ως αποσκληρυντικό του νερού. Οι υπερβολικές ποσότητες όμως του φωσφορικού άλατος προκαλούν σημαντική ρύπανση με αποτέλεσμα την ανάγκη αντικατάστασής του από άλλο συστατικό. Ο ζεόλιθος παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι δεν προσδίδει λευκό χρώμα στα απορρυπαντικά όπως το φωσφορικό άλας. Αν όμως μελλοντικά υπάρξει κάποια νομοθετική ρύθμιση τότε οι ζεόλιθοι θα είναι αυτοί που θα αντικαταστήσουν το φωσφορικό άλας. Βέβαια πρέπει να γίνει μελέτη για το μέγεθος και το μοριακό σχήμα που θα πρέπει να έχουν οι ζεόλιθοι ώστε να μην δημιουργούν πρόβλημα στην πλύση των ρούχων. Έτσι, οι ζεόλιθοι μπορούν να αποτελέσουν μια πολύ επικερδή αγορά.

- Με την προσθήκη του ζεόλιθου στο πλύσιμο - σε κατάλληλη μορφή - μπορεί να μειώσει την ποσότητα του απορρυπαντικού έως και 70 % και να εξαλείψει την ανάγκη μαλακτικού (Herries et al., 1992).

- **Ο ζεόλιθος αυξάνει τη διάρκεια ζωής των υφασμάτων και μειώνει τις πιθανές αλλεργίες που προκαλούν οι χημικές ουσίες των απορρυπαντικών.**

- **Στην κτηνοτροφία.** Οι Ιάπωνες χρησιμοποίησαν φυσικούς ζεόλιθους (κλινοπτινόλιθο, μορντενίτη) ως προσθετικό στην τροφή για τις κότες, τα χοιρινά και τα βοοειδή. Με τη χρήση του ζεόλιθου ως προσθετικό στην τροφή παρατηρήθηκε ότι ο ρυθμός ανάπτυξης των ζώων αυξήθηκε, η αξία των ζωοτροφών μειώθηκε, τα περιστατικά νόσων των πεπτικών οργάνων ελατώθηκαν ενώ η ίδια η ζωοτροφή προστατεύεται από το μούχλιασμα. Σε γενικές γραμμές, ο ζεόλιθος, εμφανίζεται να λειτουργεί ως προστατευτική ασπίδα στο στομάχι των μυρμηκαστικών, όπου εξαιτίας της εκλεκτικότητας στο ιόν του αμμωνίου το άζωτο συγκεντρώνεται στο πεπτικό σύστημα του ζώου και απελευθερώνεται μόνο σταδιακά διαμέσου της ανταλλαγής ιόντων  $\text{Na}^+$  και  $\text{K}^+$  που προέρχονται από το σάλιο που εισέρχεται στο στομάχι. Έτσι, το όφελος είναι μεγαλύτερο λόγω της συγκράτησης των θρεπτικών συστατικών για μεγαλύτερο διάστημα στον οργανισμό του ζώου. Πρέπει βέβαια να μελετηθεί η αναλογία των ζεόλιθων στις ζωοτροφές για τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Τέλος, στις κτηνοτροφικές μονάδες εφαρμόζοντας το ζεόλιθο στο δάπεδο σε ποσότητες 2 - 3 κιλά ανά τ.μ., αφενός απορροφά την αμμωνία μειώνοντας και τις επιβλαβείς αναθυμιάσεις και αφετέρου μετά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα (Willis M., 2002).

- **Στις ιχθυοκαλλιέργειες.** Κυρίως ο κλινοπτινόλιθος και λιγότερο ο μοντερνίτης χρησιμοποιούνται στον χώρο της ιχθυοκαλλιέργειας. Στα ιχθυοτροφεία, όπου ο χώρος είναι κλειστός και δεν υπάρχει παρατεταμένη ανανέωση των υδάτων η αποβολή αμμωνίας από το ίδιο το ψάρι μπορεί να φτάσει σε τοξικά επίπεδα. Η παρουσία του ζεόλιθου στο νερό μειώνει την περιεκτικότητα της αμμωνίας και έτσι μειώνεται η θνησιμότητα των ιχθύων. Η εφαρμογή αυτή παρουσιάζει ένα αδύνατο σημείο γιατί ο ζεόλιθος στο θαλάσσιο νερό έχει την προτίμηση να συγκρατεί τα ιόντα  $\text{Na}^+$  αντί του αμμωνίου. Αυτή η δυσκολία μπορεί να ξεπεραστεί με τη χρήση μεμβράνης «φίλτρου» που θα επιτρέπει στα ιόντα του αμμωνίου να διαπερνούν μέσα από αυτή, σε καθαρό νερό χαμηλότερου pH, αφήνοντας πίσω τα ιόντα του  $\text{Na}^+$ . Επίσης, ο ζεόλιθος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα σημαντικό στοιχείο διατροφής που θα βοηθήσει την ανάπτυξη των φυτών.

- **Στον έλεγχο της ρύπανσης.** Πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι οι ζεόλιθοι σε πολλές εφαρμογές μπορούν να περιορίσουν τη ρύπανση. Οι περισσότερες από αυτές βασίζονται στην ικανότητα συγκεκριμένων ζεόλιθων να ανταλλάσσουν εκλεκτικά κατιόντα σε ένυδρα διαλύματα. Σημαντικά πεδία εφαρμογών αποτελούν τα ραδιενεργά κατάλοιπα, οι ακαθαρσίες των υπονόμων, τα απόβλητα από τις γεωργικές εργασίες, η απομάκρυνση του  $\text{SO}_2$  από συγκεντρώσεις αερίων, η παραγωγή οξυγόνου και τέλος οι εργασίες καθαρισμού και διάλυσης των πετρελαιοκηλίδων. Ο κλινοπτινόλιθος είναι εκλεκτικός στην απομάκρυνση των ραδιενεργών καισίου και στροντίου από τα χαμηλού βαθμού απόβλητα των πυρηνικών εγκαταστάσεων. Μετά την απομάκρυνση, τα ιόντα μπορούν να αποθηκευτούν στο ζεόλιθο ή



να απομακρυνθούν με χημικά μέσα. Πολλοί προβλέπουν ότι οι ζεόλιθοι θα παίξουν σημαντικό ρόλο στην ασφαλή ανάπτυξη της χρήσης της ραδιενέργειας μιας και είναι φθηνότεροι από τις ρυτίνες που χρησιμοποιούνται ως τώρα. Επίσης, η απομάκρυνση του SO<sub>2</sub> και άλλων αερίων θα αποτελέσει μια πολύ σημαντική εφαρμογή για τους φυτικούς ζεόλιθους. Αν και το κόστος τους είναι υψηλό μερικοί μοντερνίτες και κλινοπτινόλιθοι είναι ικανοί να απορροφήσουν περισσότερα από 200 mg SO<sub>2</sub>/gr ζεόλιθου διευκολύνοντας έτσι την απομάκρυνση του SO<sub>2</sub>. Η χρήση των ζεόλιθων σε αυτή την εφαρμογή είναι πολύ σημαντική γιατί επιτρέπει σε γαιάνθρακες με υψηλό περιεχόμενο σε S να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή ηλεκτρισμού. Τέλος, στη βιομηχανία ο ζεόλιθος χρησιμοποιείται στα φίλτρα για την δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα και άλλων βλαβερών ενώσεων. Ακόμα, ο ζεόλιθος χρησιμοποιείται στο φιλτράρισμα των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων δεσμεύοντας διάφορα τοξικά και ραδιενεργά ιόντα και στην ανακύκλωση των νερών που προέρχονται από την βιομηχανική δραστηριότητα.

- **Για τον καθαρισμό των υγρών.** Οι φυσικοί ζεόλιθοι και κυρίως ο κλινοπτινόλιθος χρησιμοποιήθηκαν για τον καθαρισμό και την επεξεργασία των λυμάτων από τις βιομηχανίες και τα ξενοδοχεία στην Ιαπωνία και τις Η.Π.Α. με εντυπωσιακά αποτελέσματα.
- **Στα οικοδομικά υλικά.** Οι ζεόλιθοι χρησιμοποιούνται ως συστατικό στο τσιμέντο και ως συστατικό χαμηλής αντοχής στα μονωτικά υλικά. Επίσης, οι φυσικοί ζεόλιθοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απομάκρυνση του πλεονάζοντος διοξειδίου του άνθρακα από ορισμένα φυσικά αέρια για την παραγωγή μεγαλύτερης θερμότητας κατά τη καύση τους. Ακόμα, οι ζεόλιθοι χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό του αζώτου και του οξυγόνου στον αέρα. Ο αέρας μετά από το διαχωρισμό αυτό περιέχει 95 % οξυγόνο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα νοσοκομεία, στην επεξεργασία του νερού που θα χρησιμοποιηθεί για τον καθαρισμό των μετάλλων και στον αποχρωματισμό του χαρτοπολτού.
- **Οι φυσικοί ζεόλιθοι μπορούν να δεσμεύουν με ιοανταλλαγή τα ιόντα των βαρέων μετάλλων** όπως π.χ. του μόλυβδου, του χρωμίου, του χαλκού, του καδμίου, του μαγγανίου και να απομακρύνουν τους ρυπαντές αυτούς από βιομηχανικά και μεταλλευτικά απόβλητα. Μπορούν, επίσης, να δεσμεύουν πολύτιμα και ημιπολύτιμα μέταλλα όπως ο χρυσός και ο άργυρος.
- **Βοηθάει στη συγκράτηση της υγρασίας ιδιαίτερα στα αμμώδη εδάφη.** Ο ζεόλιθος χρησιμοποιείται σε ποσότητες από 500 έως 1.000 κιλά το στρέμμα στις υπαίθριες καλλιέργειες και σε ποσοστό 5 % έως 10% στα μείγματα της ανθοκομίας.



- **Ως συνεργηστικό υλικό των χημικών λιπασμάτων** για την βραδεία αποδέσμευσή τους.
- Αναμεμιγμένος με άμμο στα δοχεία των μικρών κατοικίδιων ο ζεόλιθος **απορροφά τις οσμές.**
- Η προσθήκη ζεόλιθου σε λίμνες αλλά και σε άλλους υδάτινους όγκους μπορεί να εμπλουτίσει το νερό σε οξυγόνο και **μειώνει το φαινόμενο του ευτροφισμού.**
- **Ως βελτιωτικό της διαύγειας του νερού.**
- **Στην ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό πολλών υδρόβιων οργανισμών** (Εφημερίδα Καθημερινή, 08/04/06).

Να σημειωθεί ότι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από τον καθηγητή Γεωλογίας του Α.Π.Θ. Ανέστη Φιλιππίδη έδειξαν ότι η εφαρμογή του ορυκτού ζεόλιθου στον αγροτικό κάμπο της Θεσσαλονίκης είχε ευεργετικές ιδιότητες. Και αυτό γιατί τα αποτελέσματα έδειξαν ότι με την προσθήκη του Ελληνικού Φυσικού Ζεόλιθου (ΕΛΦΥΖΕ) στα γεωργικά εδάφη βελτιώνεται το ριζικό σύστημα των φυτών και αυξάνεται η παραγωγή κατά 29 έως 57 % στο σιτάρι, κατά 34 % στο ρύζι, κατά 50 % στο καλαμπόκι και κατά 52 % στην ντομάτα. Μάλιστα, στην ντομάτα βελτιώθηκαν και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της κατά 4 % στα διαλυτά στερεά, κατά 26 % στη βιταμίνη C και κατά 46 % στη συνεκτικότητα.

Ακόμη, με τη χρήση του ζεόλιθου παρατηρήθηκε ότι μειώθηκε η χρήση λιπασμάτων κατά 56 έως 100 % και η χρήση ύδατος άρδευσης κατά 33 έως 67%. Επίσης, αποτράπηκε η έκπλυση επιβλαβών ουσιών από το χερσαίο στο υδάτινο περιβάλλον, μειώθηκε ο ευτροφισμός των υδάτων και προστατεύτηκε η ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

Στην Ελλάδα, σε αντίθεση με άλλες χώρες όπως ΗΠΑ, Καναδάς, Ρουμανία, υπολογίζεται ότι χρησιμοποιούνται μόνο περί 20.000 τόνους ζεόλιθου το χρόνο ως εδαφοβελτιωτικό για γεωργική χρήση. Ο ζεόλιθος, σύμφωνα με τους επιστήμονες, είναι ένα πορώδες ορυκτό με τεράστια ιοντοανταλλακτική ικανότητα. Εξαιτίας της ιοντοανταλλακτικής του ικανότητας έχει τη δυνατότητα να φιλτράρει το νερό «κρατώντας» μέταλλα και οργανικές ενώσεις γι' αυτό και τοποθετείται ευρέως σε φίλτρα καθαρισμού νερού.

Να σημειωθεί ότι αν ο ζεόλιθος βρεθεί σε υδάτινο περιβάλλον, μπορεί μέσα σε λίγο χρονικό διάστημα να μετατρέψει το pH σε ουδέτερο. Σε πειράματα που έγιναν στο παρελθόν διαπιστώθηκε ότι εάν ο ζεόλιθος είχε χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση της Κορώνειας τότε η λίμνη θα σωζόταν. Μεταξύ άλλων η έρευνα κατέληξε ότι με τη χρήση του ζεόλιθου θα δεσμεύονταν οι επιβλαβείς ουσίες, οι αέριες φάσεις και τα βακτηρίδια. Επιπλέον θα βελτιωνόταν η διαύγεια του νερού, θα ρυθμιζόταν η τιμή του pH του νερού σε ουδέτερο, θα εμπλουτιζόταν σε οξυγόνο το νερό και θα βελτιωνόταν κατά συνέπεια η διαβίωση των

οργανισμών στο υδάτινο οικοσύστημα. Ο ζεόλιθος θα μπορούσε να επαναφέρει στο φυσιολογικό την οξύτητα του νερού της λίμνης, η οποία είναι πλέον έντονα αλκαλική.

Σε ό,τι αφορά την παραλίμνια ζώνη επρόκειτο να επέλθει βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και ανάπτυξης των οργανισμών και φυτών της ενώ σε περίπτωση που γινόταν κατεργασία των αστικών λυμάτων και των υγρών αποβλήτων με ζεόλιθο τότε τα νερά θα ήταν καθαρότερα πριν εισρεύσουν στη λίμνη.

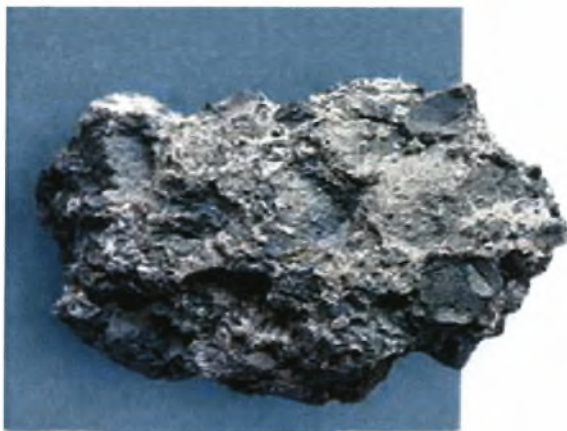
Όπως διαπιστώνει κανείς οι εφαρμογές των φυσικών ζεόλιθων είναι ενδιαφέρουσες. Συνεπώς, οι επενδύσεις είναι απαραίτητες και η ευκαιρία εδραίωσης των ζεόλιθων στο εμπόριο δεν πρέπει να χαθεί.

## 1.5. Μπεντονίτης

Ο μπεντονίτης (εικόνα 1.4) είναι πλαστική άργιλος που προέρχεται από την *in situ* μετατροπή ηφαιστειακής τέφρας.

Ο μπεντονίτης είναι ένα αργιλικό πέτρωμα με κύριο συστατικό το ορυκτό μοντμοριλλονίτη ( $\text{AlO}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) σε ποσοστό μεγαλύτερο από 80 %.

Όταν η περιεκτικότητα σε μοντμοριλλονίτη είναι μικρότερη (60–80 %), το υλικό χαρακτηρίζεται ως μπεντονιτική άργιλος. Ο μπεντονίτης πήρε το όνομά του από την τοποθεσία Fort Benton της πολιτείας Yoming των Η.Π.Α., όπου πρωτοανακαλύφθηκε και άρχισε να εξορύσσεται.



Εικόνα 1.4. Το ορυκτό μπεντονίτης

Η ευρεία χρήση του ακατέργαστου ή κατεργασμένου μπεντονίτης οφείλεται στις παρακάτω χαρακτηριστικές του ιδιότητες:

- μεγάλη προσροφητική ικανότητα,
- υψηλή πλαστικότητα,
- δυνατότητα ιοντοανταλλαγής,
- θιξοτροπία σε ιξώδη αιωρήματα,
- δυνατότητα να δρα σαν συνδετικό υλικό, κ.λ.π.

(<http://www.isocon.gr/showprod.php?id=45>).

Τις ιδιότητες του αυτές τις οφείλει κύρια στο βασικό ορυκτολογικό του συστατικό τον μοντμοριλλονίτη όπως και στα άλλα συνυπάρχοντα ορυκτά της ομάδας των σμεκτιτών μπαϊντελλίτη (beidellite), νοντρονίτη (nontronite), εκτορίτη (Li-hectorite) και σαπονίτη (saponite).

Ο μοντμοριλλονίτης και τα ορυκτά της ομάδας του χαρακτηρίζονται ως ορυκτά δομής 2:1. Αποτελούνται δηλαδή από δύο φύλλα τετραέδρων  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  τα οποία εμπεριέχουν μια στρώση κατιόντων  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ή  $\text{Fe}^{2+}$  σε οκταεδρική διάταξη.

Όταν το  $\text{Si}^{4+}$  του κέντρου των τετραέδρων υποκατασταθεί από ιόντα μικρότερου σθένους π.χ. από  $\text{Al}^{3+}$  ή όταν το  $\text{Al}^{3+}$  των οκταέδρων υποκατασταθεί από δισθενή κατιόντα π.χ.  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , τότε δημιουργείται περίσσεια αρνητικών φορτίων τα οποία εξουδετερώνονται με δέσμευση άλλων κατιόντων υπό ανταλλάξιμη μορφή προκειμένου να επέλθει ηλεκτροστατική ισορροπία (California Earth Minerals Corp., 2003).

Έτσι, ο μοντμοριλλονίτης αποκτά την τάση να προσροφά και να συγκρατεί κατιόντα (κυρίως  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ), ανάλογα με την παρουσία τους στο περιβάλλον του.

Ο μοντμοριλλονίτης προσροφά πολλά μόρια νερού τόσο στην επιφάνειά του όσο κυρίως και στο διαστρωματικό του χώρο (interlayer space) λόγω των ασθενών δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ των κρυστάλλων του. Έτσι, τα μόρια του νερού τα οποία εισδύουν μεταξύ των κρυστάλλων προκαλούν την απομάκρυνση των κρυστάλλων αυτών μέχρι την πλήρη διασπορά τους σε ιξώδες αιώρημα.

Πίνακας 1.3. Χημικές αναλύσεις μοντμοριλλονίτη.

	1	2	3	4	5	6
SiO <sub>2</sub>	53.98	51.14	51.52	49.90	51.90	59.75
TiO <sub>2</sub>	0.08	-	0.48	-	0.23	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.97	19.76	17.15	20.23	18.61	24.41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.95	0.83	5.65	1.23	2.81	3.73
FeO	0.19	-	0.32	0.21	0.95	-
MnO	0.06	-	-	-	0.03	-
MgO	4.47	3.22	2.80	2.20	3.29	3.10
CaO	2.30	1.62	1.72	2.41	3.52	3.36
Na <sub>2</sub> O	0.13	0.11	0.15	0.25	0.64	-
K <sub>2</sub> O	0.12	0.04	0.85	0.06	1.59	1.44
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	9.12	7.99	8.55	8.84	6.05	3.93
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	13.06	14.81	11.22	14.58	10.40	-
<b>Total</b>	<b>100.43</b>	<b>99.52</b>	<b>100.41</b>	<b>99.91</b>	<b>100.02</b>	<b>99.82</b>

Πηγή: (California Earth Minerals Corp., 2003)

Όπως φαίνεται από διάφορες χημικές αναλύσεις (πίνακας 1.3), ο μοντμοριλλονίτης εκτός από το Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> και το SiO<sub>2</sub>, περιέχει Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> και MgO, εξ' αιτίας των υποκαταστάσεων που συμβαίνουν στο πλέγμα του. Περιέχει επίσης και K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O και CaO, δεδομένου ότι προσροφά τα αντίστοιχα κατιόντα προκειμένου να εξουδετερωθεί η περίσσεια των αρνητικών φορτίων και να επέλθει ηλεκτροστατική ισορροπία (Mitchell and Soga, 2005).

Οι φυσικοί μπεντονίτες ανάλογα με το εάν το υπό ανταλλάξιμη μορφή επικρατούν κατιόν στο μοντμοριλλονίτη είναι το Ca<sup>2+</sup> ή το Na<sup>+</sup> χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- Τους νατριούχους μπεντονίτες ή ισχυρά διογκούμενους μπεντονίτες ή «Wyoming type», οι οποίοι προσροφούν ικανές ποσότητες νερού και διογκώνονται μέχρι και το 20-πλάσιο του αρχικού ξηρού όγκου τους. Σε περίσσεια H<sub>2</sub>O οι μπεντονίτες αυτοί παραμένουν ως αιωρήματα.
- Τους ασβεστούχους μπεντονίτες (εδώ ανήκουν και οι καλιούχοι μπεντονίτες) ή «μη διογκούμενους μπεντονίτες» ή «μεταμπεντονίτες», οι οποίοι προσροφούν περισσότερο νερό από άλλες αργίλους. Δε διογκώνονται όμως σε αξιόλογο βαθμό και καθιζάνουν γρήγορα στο H<sub>2</sub>O.

Πίνακας 1.4. Χημικές αναλύσεις φυσικών μπεντονιτών διαφόρων προελεύσεων

Σε ξηρό δείγμα	Η.Π.Α. Wyoming	Η.Π.Α. Mississippi	Ιταλία Ponze	Γερμανία Mossburg	Μήλος (Κώμια)	Μήλος (Τροναλάς)
SiO <sub>2</sub>	64.32	64.00	67.42	59.42	67.46	69.68
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.74	17.10	15.83	19.08	16.10	17.09
FeO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.49	4.70	0.88	4.64	3.60	2.16
TiO <sub>2</sub>	0.14	-	-	0.26	0.26	0.20
CaO	0.52	1.50	2.64	2.14	2.62	0.96
MgO	2.30	3.80	1.09	4.72	1.40	2.18
Na <sub>2</sub> O	2.59	0.20	0.30	0.08	0.72	0.44
H <sub>2</sub> O	0.39	0.50	0.79	0.36	0.87	0.44
P <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0.01	-	-	ίχνη	ίχνη	ίχνη
SO <sub>3</sub>	0.35	-	0.01	ίχνη	0.32	0.87
Απώλεια Πύρωσης	5.14	8.00	10.88	9.04	6.40	5.05
Σύνολο	99.99	99.80	99.84	99.74	99.75	100.09

Πηγή: (Mitchell and Soga, 2005)

Στον πίνακα 1.4 δίνονται οι χημικές αναλύσεις διαφόρων τύπων μπεντονίτη. Ο πρώτος τύπος, μπεντονίτης «Wyoming» των Η.Π.Α. χαρακτηρίζεται ως νατριούχος μπεντονίτης (Na<sub>2</sub>O=2.59 %, CaO=0.52 %) ενώ όλοι οι άλλοι είναι ασβεστούχοι μπεντονίτες (CaO: 0.96-2.64 %, Na<sub>2</sub>O: 0.08-0.72 %).

Οι μπεντονίτες των οποίων η περιεκτικότητα σε Ca, κυρίως, αλλά και σε ανταλλάξιμο Mg, είναι υψηλή ενώ αντίθετα η περιεκτικότητά τους σε Na είναι χαμηλή χαρακτηρίζονται ως «μπεντονίτες κατώτερης ποιότητας» (low-grade bentonites).

Η ορυκτολογική σύσταση του μπεντονίτη προσδιορίζεται με πολωτικό μικροσκόπιο, με μεθόδους ακτίνων X, με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, με διαφορική θερμική ανάλυση (D.T.A.), με χρωματογραφικές μεθόδους, κ.λ.π..

Ο βαθμός διόγκωσης εκτιμάται βάζοντας 2 gr ξηρού και κονιοποιημένου μπεντονίτη σε 100 ml H<sub>2</sub>O σε ένα ειδικά βαθμολογημένο σωλήνα και διαβάζοντας τον όγκο μετά τη διόγκωση.

Το χρώμα του μπεντονίτη είναι συνήθως κιτρινοπράσινο ή γκρι κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και οφείλεται στην ύπαρξη τρισθενούς σιδήρου (Fe<sup>3+</sup>) ενώ σε βάθος μεγαλύτερο από δέκα μέτρα το χρώμα γίνεται μπλε ή πράσινο και οφείλεται στο γεγονός ότι στα βαθύτερα στρώματα ο σίδηρος εμφανίζεται ως δισθενής (Fe<sup>2+</sup>). Επειδή η οξείδωση προχωρεί μέσω των ρωγμών του εδάφους είναι δυνατόν να συναντήσουμε και στα βαθύτερα στρώματα μπεντονίτη με κίτρινο ή πράσινο χρώμα.



Η αναλογία των ιοντοανταλλακτικών κατιόντων Na/Ca αυξάνεται από τον μπλε προς τον κίτρινο μπεντονίτη όπως επίσης και η ποιότητά του.

Ο μπεντονίτης συνήθως εξορύσσεται από υπαίθρια λατομεία. Αρκετές φορές εξορύσσεται και με υπόγεια έργα όπως στις Η.Π.Α, στην Αγγλία, κ.λ.π..

Στη συνέχεια, υφίσταται φρύξη στους 80 °C και κονιοποίηση. Ο κονιοποιημένος μπεντονίτης μεταφέρεται σε πλαστικούς σάκους για να αποφευχθεί η απορρόφηση υγρασίας.

Η μεταφορά δια θαλάσσης του ελληνικού μπεντονίτη στον ανατολικό Καναδά, όπου χρησιμοποιείται για τη μετατροπή του σιδηρομεταλλεύματος σε «pellets» είναι οικονομικά περισσότερο συμφέρουσα από τη μεταφορά του σιδηροδρομικά από το πολύ πιο κοντινό Wyoming των Η.Π.Α.. Γι' αυτό σήμερα οι έρευνες για μπεντονίτη γίνονται κοντά σε λιμάνια σε όλες τις ηπείρους.

### 1.5.1. Χρήσεις

Ο μπεντονίτης είναι γνωστός από τις αρχές του αιώνα μας. Από το 1930 χρησιμοποιήθηκε ευρέως στη διύλιση, στη διήθηση, στον καθαρισμό και στον αποχρωματισμό του πετρελαίου. Κύρια εφαρμογή βρίσκει στις γεωτρήσεις πετρελαίου, ειδικά ο νατριούχος μπεντονίτης, ο οποίος αποτελείται κατά 70-90 % από υλικό με διάμετρο κόκκων μικρότερο των 0.0005 mm (0.5 μm). Αυτό το υλικό δημιουργεί με το νερό σταθερό αιώρημα με υψηλό ιξώδες και μεγάλη θιξοτροπία, εξ αιτίας του ότι σπάνε οι ασθενείς ηλεκτρικοί δεσμοί και δημιουργείται διασπορά. Το αιώρημα αυτό δρα σαν λειαντικό στα γεωτρήματα και στεγανοποιεί τα τοιχώματα της γεώτρησης.

Στις Η.Π.Α. το 1/3 της κατανάλωσης του νατριούχου μπεντονίτη και το 10 % του ασβεστούχου μπεντονίτη χρησιμοποιούνται γι' αυτό το σκοπό. Το είδος του υλικού που χρησιμοποιείται για τον πολφό της γεώτρησης (drilling mud) εξαρτάται από το βάθος, τη γεωγραφική θέση όπως και το είδος του πετρώματος που συναντά η γεώτρηση. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται και βαρύτης προκειμένου να αυξηθεί το ειδικό βάρος του πολφού ενώ σε πολύ βαθιές γεωτρήσεις ή σε γεωτρήσεις γεωθερμίας χρησιμοποιείται ο σηπιόλιθος ( $2\text{H}_2\text{O}\cdot 2\text{MgO}\cdot 3\text{SiO}_2$ ) επειδή το ορυκτό αυτό είναι σταθερό σε μεγάλες θερμοκρασίες.

Επίσης, το ορυκτό μπεντονίτης χρησιμοποιείται ευρέως και στη γεωργία για την αποκατάσταση των επιβαρυσμένων εδαφών με βαρέα μέταλλα (Cu, Zn, Cr, Cd, Mn, κ.α.). Ο μπεντονίτης παρουσιάζει υψηλή εκλεκτικότητα για τη δέσμευση βαρέων μετάλλων λόγω της ιδιότητας του να παρουσιάζει ενεργή επιφάνεια και πορώδες στο οποίο μπορούν να προσροφηθούν κατιόντα και ανιόντα. Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του

μπεντονίτη είναι τα εναλλάξιμα κατιόντα τα οποία μπορούν να αντικατασταθούν με άλλα κατιόντα όπως βαρέα μέταλλα με ιοντοεναλλαγή.

Ο μπεντονίτης χρησιμοποιείται και σε υδρογεωτρήσεις όπου εκτός από τη στεγανοποίηση συντελεί και στον καθαρισμό των τοιχωμάτων της γεώτρησης λόγω της θιξοτροπίας του.

Ακόμα, ο μπεντονίτης χρησιμοποιείται ευρέως ως συνδετικό υλικό στη σφαιροποίηση κονιοποιημένου σιδηρομεταλλεύματος (τακονιτικού σιδηρομεταλλεύματος).

Επίσης, στη βιομηχανία χυτηρίων ο μπεντονίτης χρησιμοποιείται σαν συνδετική ύλη για να προσδίδει πλαστικότητα σε άμμους χυτηρίων. Σ' αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να πληρεί ορισμένες προδιαγραφές όσον αφορά την αντοχή στη συμπίεση καθώς και τη ρευστότητα και τη διαπερατότητα (<http://www.tovima.gr/default.asp?pid=2&ct=33&artId=278211&dt=12/07/2009>).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση του μπεντονίτη στην απομάκρυνση των ραδιενεργών αποβλήτων (removal of radioactive waste). Λόγω της πυροσυσσωμάτωσης (sintering) που παρουσιάζει ο μοντμοριλλονίτης κατά την πύρωση στους 900 °C – 1000 °C χάνει την ιοντοανταλλακτική του ικανότητα και έτσι συγκρατεί σταθερά τα ραδιενεργά κατιόντα, τα οποία έχει προσλάβει λόγω ιοντοανταλλαγής σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Επιπλέον, ο μπεντονίτης χρησιμοποιείται στην ταφή των ραδιενεργών αποβλήτων. Αυτή η χρήση του μπεντονίτη οφείλεται κυρίως:

1. Στην πλαστική παραμόρφωση την οποία παρουσιάζει με την οποία εμποδίζεται η μετάδοση υπερβολικών πιέσεων στα δοχεία με τα ραδιενεργά απόβλητα.
2. Στην υδατοστεγανότητα του. Η υδατοστεγανότητα του μπεντονίτη περιορίζει την προσβολή των δοχείων που περιέχουν τα ραδιενεργά απόβλητα από το νερό για πάνω από 1000 χρόνια (η τοξικότητα των αποβλήτων ελαττώνεται στο 1 % της αρχικής τους τιμής).
3. Στην ιοντοανταλλακτική του ικανότητα. Λόγω της ιοντοανταλλακτικής του ικανότητας αυξάνεται ο χρόνος που απαιτείται ώστε οι ραδιενεργές ουσίες να διασχίσουν το στρώμα του μπεντονίτη (από 104 χρόνια σε 106 χρόνια). Έτσι, η τοξικότητα των περιεχομένων αποβλήτων μετά παρέλευση χρονικού διαστήματος 10000 ετών αντιστοιχεί σ' αυτή των φυσικών κοιτασμάτων.

Ο μπεντονίτης επίσης χρησιμοποιείται:

- Στη στεγανοποίηση φραγμάτων με στεγανοποιητικές τσιμεντενέσεις,
- Στην παρασκευή διαυγαστικών και αποχρωστικών γαιών προκειμένου να προσροφά λίπη, έλαια και χρωστικές ουσίες με βάση την ικανότητα του μοντμοριλλονίτη να προσροφά οργανικά μόρια μεταξύ των στρωμάτων του.
- Στη χαρτοποιία.

- Στη σταθεροποίηση γαλακτωμάτων στα καλλυντικά και σε προϊόντα οικιακής χρήσης, σε ηλεκτρικά κεραμικά και
- Ως μαλακτικό σε απολυμαντικά
- Στην κεραμική δε μπορούν να κατασκευαστούν προϊόντα με υψηλή περιεκτικότητα σε μπεντονίτη λόγω της μεγάλης του πλαστικότητας. Σε ορισμένα ειδικά κεραμικά είναι δυνατόν η περιεκτικότητα σε μπεντονίτη να φτάσει το 5 % προκειμένου να βελτιστοποιηθούν ορισμένες ιδιότητες τους. Ένα ποσοστό μπεντονίτη περίπου 0,5 % προστιθέμενος σε βιοκεραμικά βελτιστοποιεί σημαντικά την πλαστικότητά και την αντοχή αυτών. Ακόμα, η μεγαλύτερη περιεκτικότητα του κεραμικού σε μπεντονίτη αλλοιώνει το χρώμα του δεδομένου ότι ο μπεντονίτης περιέχει σίδηρο, ο οποίος σε υψηλή θερμοκρασία σχηματίζει σκούρα καφέ υαλώματα.
- Ως προσροφητικό για την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων ουσιών σε διάφορες διεργασίες και για την προσρόφηση των προσθέτων στα προϊόντα.
- Ως καταλύτης σε χημικές αντιδράσεις.
- Ως σταθεροποιητικό του αναμορφωμένου εδάφους και ως πηγή αποθήκευσης των θρεπτικών συστατικών και της υγρασίας

(<http://www.tovima.gr/default.asp?pid=2&ct=33&artId=278211&dt=12/07/2009>).

Η παγκόσμια παραγωγή του μπεντονίτη το 2003 ήταν 12.000.000 τόνοι. Η χώρα με τη μεγαλύτερη παραγωγή μπεντονίτη είναι οι Η.Π.Α. με την Ελλάδα να ακολουθεί. Η Ευρώπη έχει το 30,7 % της παγκόσμιας παραγωγής μπεντονίτη με την Ελλάδα να παράγει το 32,5 % της συνολικής παραγωγής στην Ευρωπαϊκή Ένωση

## 1.6.Το Σιτάρι

Το σιτάρι είναι ένα δημητριακό που ανήκει στο γένος *Triticum* της οικογένειας Gramineae. Είναι βασική τροφή του ανθρώπου και κατέχει σημαντικό ποσοστό του παγκόσμιου εμπορίου. Είναι επίσης η πιο διαδεδομένη καλλιέργεια από όλα τα δημητριακά. Το σιτάρι ήταν ένα από τα πρώτα φυτά που εξημερώθηκαν από τον άνθρωπο. Η καλλιέργεια του ξεκίνησε την Νεολιθική εποχή. Η καλλιέργεια σιταριού για την παραγωγή ψωμιού είναι γνωστό ότι γινόταν στη κοιλάδα του Νείλου από το 5000 π.χ. και εξαπλώθηκε αργότερα και σε άλλες περιοχές ( π.χ. στις κοιλάδες του Ινδού και του Ευφράτη ποταμού το 4000 π.χ.). Από τη στιγμή που ξεκίνησε η καλλιέργεια του σιταριού, αποτέλεσε την κύρια πρώτη ύλη για την κατασκευή ψωμιού στην Ευρώπη και στη Μέση Ανατολή.



Εικόνα 1.5.: Σιτάρι

Τα είδη του γένους *Triticum* χαρακτηρίζονται από σταχύδια τα οποία είναι τοποθετημένα σε επίπεδη διάταξη στον άξονα της ταξιανθίας. Το φυτό είναι ένα μέσου ύψους ετήσιο ή χειμερινό δημητριακό με επίπεδα φύλλα και στάχυ. Οι ταξιανθίες είναι μονήρης με 1-5 άνθη, άμισχα και τοποθετημένα σε διάταξη ζικ-ζακ. Μπορεί επίσης να έχουν ενώσεις ή κανάλια. Τα λέπυρα έχουν σχήμα καρίνας και φέρουν 3 ή 4 νεύρα που σχηματίζουν μεταξύ του οξείας οι αμβλείες γωνίες. Ο χιτώνας έχει και αυτός σχήμα καρίνας ή είναι στρογγυλεμένος στη ράχη του και φέρει πολλά νεύρα τα οποία καταλήγουν σε ένα άγανο.

### 1.6.1.Μορφολογία

#### 1.6.1.1.Ο βλαστός:

Ο βλαστός του ώριμου σιταριού είναι κούφιος, αποτελείται από ενωμένους κυλίνδρους και έχει 3-6 μεσογονάτια διαστήματα και γόνατα. Το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων αυξάνει από τη βάση προς τη κορυφή. Το υψηλότερο μεσογονάτιο διάστημα φέρει την ταξιανθία. Ο βλαστός των περισσότερων ποικιλιών είναι κούφιος στα μεσογονάτια διαστήματα και συμπαγής στα γόνατα.

Ο βλαστός είναι λευκός προς το κίτρινο και μοβ σε μερικές ποικιλίες. Το μοβ χρώμα σε αυτές τις ποικιλίες εμφανίζεται μόνο σε συγκεκριμένο περιβάλλον. Είναι συνήθως πιο ευδιάκριτο στο ποδίσκο αλλά και πολλές φορές και στους κολεούς των κάτω φύλλων.

Το συνολικό ύψος του φυτού (συμπεριλαμβανομένου και της ταξιανθίας) ποικίλει από 60,96 εκ. μέχρι 152,4 εκ. αλλά μπορεί να είναι και πιο κοντό σε ξηρές περιοχές. Το σιτάρι μπορεί να διαχωριστεί σε τρεις κατηγορίες, κοντό μέσου ύψους και ψηλό. Κάτω από ευνοϊκές συνθήκες τα σιτάρια με ύψος 30,48-91,44 εκ. μπορούν να χαρακτηριστούν ως κοντά, αυτά με ύψος 60,96-121,92 ως μέσου ύψους και αυτά με ύψος 91,44-152,4 ως ψηλά.

Τα αδέρφια(παράλληλοι βλαστοί) αναπτύσσονται από μασχαλιαίους οφθαλμούς που είναι ενωμένοι με το σταυρό κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Ο δεύτερος η τρίτος οφθαλμός και μερικές φορές ο τέταρτος και ο πέμπτος εξελίσσονται σε αδέρφια(σύνολο 3 βλαστοί ανά φυτό) όταν το σιτάρι καλλιεργείται στον αγρό. Δευτερεύοντες βλαστοί μπορούν να δημιουργηθούν αργότερα από τα αδέρφια και ένα φυτό με αρκετό χώρο μπορεί να φτάσει να έχει 30-100 βλαστούς. Παρόλο που οι ποικιλίες διαφέρουν πολύ μεταξύ τους ο λεπτός σπόρος, η περίσσεια υγρασίας και το γόνιμο έδαφος ευνοούν το αδελφωμα. Οι ποικιλίες του σιταριού με ασθενή ή λεπτό βλαστό μπορεί να πλαγιάσουν με την υπερβολική υγρασία, τους δυνατούς ανέμους και την υψηλή περιεκτικότητα αζώτου στο έδαφος.



#### **1.6.1.2.Φύλλα:**

Τα φύλλα του σιταριού αποτελούνται από το κολεό τη λεπίδα το γλωσσίδιο και το ωτίδιο. Οι κολεοί των φύλλων συνήθως περιβάλλουν 2/3 του βλαστού και έχουν χρώμα άσπρο ή μοβ. Οι λεπίδες των άσπρων ποικιλιών ποικίλουν σημαντικά σε διαστάσεις, σε απόχρωση του πράσινου χρώματος και στη γωνία έκφυσης από το βλαστό. Καθώς το φυτό ωριμάζει οι λεπίδες στεγνώνουν και συνήθως σπάζουν. Οι λεπίδες μπορεί να είναι χνουδωτές ή λείες. Το χρώμα ποικίλει ανάλογα με την κατάσταση του φυτού και επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, την εδαφική υγρασία, και τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους. Κατά κανόνα τα σκληρά κόκκινα χειμερινά σιτηρά έχουν σκούρες πράσινες λεπίδες ενώ όλες οι μαλακές ποικιλίες έχουν ανοιχτές πράσινες λεπίδες. Το γλωσσίδιο το οποίο εκφύεται από την ένωση του κολεού και της λεπίδας αγκαλιάζει το βλαστό. Είναι μια λεπτή άχρωμη μεμβρανώδης κατασκευή με ακανόνιστο άκρο και περιφερειακά φέρει τρίχες.



### **1.6.1.3.Ριζικό σύστημα:**

5-7 εμβρυακές ρίζες λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του φυτού. Οι κανονικές ρίζες εκφύονται από τα γόνατα του κυρίως βλαστού ή από τις διακλαδώσεις του κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Τα αδέρφια αναπτύσσουν και αυτά τις δικές τους ρίζες.

Το πλήρους ανάπτυξης ριζικό σύστημα συνήθως φτάνει σε βάθος 15,40-23,36 εκ. Τα χειμερινά σιτηρά συνήθως έχουν πιο αναπτυγμένο ριζικό σύστημα από τα εαρινά σιτηρά. Η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος επηρεάζεται επίσης από την δομή, τη γονιμότητα και την υγρασία του εδάφους.

### **1.6.1.4.Μορφολογία της ταξιανθίας:**

Η ταξιανθία του σιταριού αποτελείται από ένα στάχυ στην άκρη του φυτού με μήκος 76,20-101,6 mm (μπορεί να ποικίλει από 50,8-127mm). Τα σταχύδια μπορεί να είναι τοποθετημένα παράλληλα ή σε γωνία με το επίπεδο του στάχυ. Έχουν σχήμα ατρακτοειδές, επίμηκες, ροπαλοειδές ή ελλειπτικό. Τα σταχύδια επίσης μπορεί να είναι αραιά, μέσου πυκνότητας ή και πυκνά τοποθετημένα επάνω στην ταξιανθία. Κάθε στάχυς φέρει 10-30 σταχύδια τα οποία είναι τοποθετημένα σε αντικριστές σειρές σχηματίζοντας ζικ-ζακ. Κάθε μεσογονάτιο διάστημα του άξονα της ταξιανθίας είναι λεπτότερο στη βάση και πιο φαρδύ στη κορυφή. Η μία πλευρά του μεσογονατίου διαστήματος είναι κυρτή. Η πλευρά που αντικρίζει το σταχύδιο είναι επίπεδη ή κοίλη. Τα σταχύδια μπορεί να φέρουν ή να μη φέρουν άγανα. Το άγανο είναι η κατάληξη του χιτώνα σε όλες τις ποικιλίες που φέρουν άγανα.

Το σταχύδιο αποτελείται από 1-5 άνθη ή ανθύλλια που είναι τοποθετημένα αντικριστά στον άξονα της ταξιανθίας. Ένα ή περισσότερα από τα πάνω άνθη είναι άγωνα με αποτέλεσμα να ωριμάζουν μόνο δύο με τρεις σπόροι. Το σταχύδιο επομένως αποτελείται και από δύο άδεια λέπυρα τα οποία έχουν σχήμα καρίνας είναι άκαμπτα, με οξείες ή αμβλείες γωνίες. Ο κορυφή του λέπυρου μπορεί να φέρει μία μύτη που μοιάζει άγανο. Τα Λέπυρα μπορεί να είναι άσπρα, κίτρινα, καφέ ή μαύρα ανάλογα με τη ποικιλία.

Το ανθύλλιο αποτελείται από το χιτώνα και τη λεπίδα η οποία περιβάλλει τα όργανα γονιμοποίησης – τρεις στήμονες και μία μονή ωοθήκη. Ο χιτώνας με σχήμα καρίνας ή στρογγυλεμένος στη ράχη φέρει συνήθως το άγανο. Η λεπίδα που βρίσκεται συνήθως απέναντι από το χιτώνα είναι μεμβρανώδης και δεν φέρει άγανο. Φέρει επίσης δύο καρίνες με αναδιπλωμένα περιθώρια.

#### **1.6.1.5.Σπόρος ή καρύωση:**

Το σιτάρι είναι ένας ξηρός μονός καρπός ή καρύωση. Οι σπόροι διαφέρουν σε μέγεθος, χρώμα, υφή και σε πολλά άλλα χαρακτηριστικά.

Ο σπόρος έχει περίπου το σχήμα του αυγού και ποικίλει από 4-10mm σε μήκος, ανάλογα με τη ποικιλία, την θέση στη ταξιανθία και στο σταχύδιο κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης. Ένας καλά αναπτυγμένος καρπός είναι ελαφρώς καμπυλωτός στη κοιλιακή χώρα εκτός από τη βάση του περιβλήματος του καρπού (περικάρπιο) όπου και φέρει ρυτίδες(από κάτω βρίσκεται το έμβρυο). Στην πάνω πλευρά ο σπόρος έχει μία αυλάκωση ανάμεσα στους δύο λοβούς η οποία επεκτείνεται προς το κέντρο στις περισσότερες από τις καλλιεργούμενες ποικιλίες. Στη κορυφή του σπόρου υπάρχει μία βούρτσα που αποτελείται από πολλές τρίχες. Το χρώμα του σπόρου είναι συνήθως κόκκινο ή άσπρο. Οι λεγόμενοι άσπροι σπόροι μπορεί να έχουν αποχρώσεις από άσπρο έως κίτρινο μέχρι κρεμώδες. Οι κόκκινοι σπόροι ποικίλουν σε αποχρώσεις από απαλό καφέ μέχρι σκούρο κόκκινο. Το κόκκινο χρώμα του σιταριού προέρχεται από το υλικό του περικαρπίου αλλά επηρεάζεται και από την υφή του ενδοσπερμίου και την φύση του περικαρπίου. Οι σπόροι ανάλογα με την υφή τους διακρίνονται σε σκληρούς, ημισκληρούς και μαλακούς. Ένας σπόρος με κανονική ανάπτυξη έχει μαλακό και μέσης περιεκτικότητας σε άμυλο ενδοσπέρμιο.

Ο ιστός του περικαρπίου σχηματίζει ένα λεπτό προστατευτικό στρώμα γύρω από το σπόρο. Το υπόλοιπο μέρος τους σπόρου αποτελείται από το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο .

## 1.6.2. Ανάπτυξη

Ο βιολογικός κύκλος του σιταριού έχει τα παρακάτω στάδια: Βλάστηση, εμφάνιση φυταρίου και δημιουργία φύλλων, αδελφωμα, διαφοροποίηση στάχυ, ανάπτυξη στάχυ και βλαστού, έκπτυξη στάχυ και άνθηση, γέμισμα σπόρου και ωρίμανση.

### 1.6.2.1. Βλάστηση, εμφάνιση φυταρίου και δημιουργία φύλλων:

Ο σπόρος δεν μπορεί να βλαστήσει αμέσως μετά την ωρίμανση του. Πρέπει να περάσει πρώτα από το στάδιο του λήθαργου κατά το οποίο υφίσταται πολλές αλλαγές. Αν ο σπόρος δεν μαζευτεί σε πλήρη ωριμότητα ή αν διατηρηθεί σε χαμηλές θερμοκρασίες, τότε ο λήθαργος του σπόρου διαρκεί από ένα ως δύομισι μήνες ή και παραπάνω. Ο λήθαργος προστατεύει το σπόρο από το να βλαστήσει αν αυτός βραχεί την περίοδο του θερισμού.

Η βλαστική ικανότητα του σπόρου μειώνεται αν αυτός εκτεθεί σε υψηλή θερμοκρασία και υγρασία. Ο στεγνός σπόρος μπορεί να ανεχθεί υψηλές θερμοκρασίες. Η ηλικία του σπόρου μειώνει επίσης τη βλαστική του ικανότητα αλλά σε μικρότερο βαθμό. Κάτω από ιδανικές συνθήκες αποθήκευσης μπορεί να διατηρήσει τη βλαστική του ικανότητα σε ικανοποιητικό βαθμό για δέκα χρόνια. Κατά τη σπορά χρησιμοποιούνται συνήθως σπόροι της προηγούμενης σοδειάς. Οι πιο παλιοί σπόροι μπορεί να αποδειχθούν καλύτεροι γιατί βλαστάνουν μόνο οι πιο υγιείς και δίνουν ζωντανά φυτά.

Αν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές, τότε το σιτάρι συνεχίζει την ανάπτυξή του όπως και τα κοντινά του ξαδέλφια τα αγρωστώδη που χρησιμοποιούνται στα γκαζόν. Το φυτό συνεχίζει να αναπτύσσεται και τελικά μέσα στο βλαστό δημιουργείται ένας στάχυς. Ο βλαστός διογκώνεται και ο στάχυς εξέρχεται. Μετά την άνθηση αρχίζει η ανάπτυξη του σπόρου ο οποίος από μαλακός και υδατώδης ωριμάζει δίνοντας τον αρχικό σπόρο με τον οποίο ξεκίνησε ο βιολογικός κύκλος του φυτού. Καθώς το φυτό ωριμάζει αλλάζει χρώμα και από πράσινο γίνεται κίτρινο με παράλληλη μείωση της υγρασίας του.

Αμέσως μετά τη σπορά ενός σπόρου αρχίζει η διαδικασία της βλάστησης. Η εμβρυακή ρίζα αρχικά μεγαλώνει ακολουθούμενη από τη κολεπτίλη. Οι ρίζες εκφύονται από διάφορα σημεία του σπόρου και του σταυρού. Ο σπόρος διαχωρίζεται συνήθως από το σταυρό με ένα μεσογονάτιο διάστημα. Το μήκος αυτού του διαστήματος μεγαλώνει ανάλογα με το βάθος σποράς. Καθώς η κολεοπτίλη εξέρχεται από το έδαφος η ανάπτυξη της σταματά και το πρώτο πραγματικό φύλλο εμφανίζεται στη κορυφή.

Η ανάπτυξη του σπόρου ξεκινάει με τη διαδικασία της βλάστησης. Όπως και οι υπόλοιποι σπόροι των δημητριακών, οι σπόροι του σιταριού βρίσκονται σε λήθαργο και πρέπει να υποστούν συγκεκριμένη θερμοκρασία και υγρασία για να ενεργοποιηθούν οι ορμόνες που θα ξεκινήσουν την βλάστηση. Αυτές οι ορμόνες με τη σειρά τους, ρυθμίζουν την παραγωγή και τη ποσότητα των ενζύμων που ελέγχουν τη μεταβολική δραστηριότητα της ανάπτυξης. Η βλάστηση είναι το απαραίτητο πρώτο βήμα για τη δημιουργία ενός νέου φυτού σιταριού αλλά δεν είναι επιθυμητή στην παραγωγή του αλευριού. Ο υγρός καιρός μπορεί να προκαλέσει την βλάστηση των ώριμων σπόρων κατά τη διάρκεια του θερισμού. Κατά τη διάρκεια της βλάστησης, η δραστηριότητα των ενζύμων και ιδιαίτερα της α-αμυλάσης αυξάνεται ραγδαία. Αν το θερισμένο σιτάρι βλαστήσει, τότε το παραγόμενο αλεύρι θα είναι χαμηλής ποιότητας.

Μετά την εμφάνιση του σποριόφυτου, καινούργια φύλλα δημιουργούνται κάθε 4-5 μέρες. 9-10 φύλλα δημιουργούνται στο σύνολο ενώ στις όψιμες ποικιλίες είναι λίγο πιο πολλά. Η δημιουργία του τελευταίου φύλλου (φύλλο σημαία) είναι ένα πολύ σημαντικό στάδιο που καθορίζει την εφαρμογή των ρυθμιστών ανάπτυξης.

Συνήθως ένα με δύο φύλλα φαίνονται να μεγαλώνουν κάθε φορά. Κάθε φύλλο ξεκινά σαν μια πολύ δυσδιάκριτη περιοχή κύτταρων που περιβάλλει το γόνατο. Όταν αρχίσει η ανάπτυξη τα κύτταρα του κολεού και της λεπίδας αρχίζουν πολλαπλασιάζονται ταυτόχρονα. Όλα τα φύλλα που έχουν ωριμάσει νωρίτερα σχηματίζουν μια στήλη που περιβάλλει τα αναπτυσσόμενα φύλλα. Το αναπτυσσόμενο φύλλο με τη σειρά του περιβάλλει τη κορυφή του βλαστού και τα ασημάτιστα φύλλα. Συνεπώς όλα τα καινούργια φύλλα εκτύσσονται μέσα από μία θήκη που σχηματίζουν τα προηγούμενα φύλλα.

#### **1.6.2.2. Αδέλφωμα και διαφοροποίηση κορυφής:**

Το αδελφωμα είναι ένα σημαντικό στάδιο ανάπτυξης κατά το οποίο ο παραγωγός μπορεί να αντισταθμίσει το αραιό φύτρωμα ή να εκμεταλλευτεί παραπάνω της καλής συνθήκης ανάπτυξης. Η εμφάνιση των αδελφών γίνεται σχεδόν ταυτόχρονα με την εμφάνιση των φύλλων στο κύριο βλαστό. Τα αδελφια μπορούν να σχηματιστούν από της μασχάλες των φύλλων. Ο αριθμός των αδελφών εξαρτάται από τη ποικιλία και από τις κλιματολογικές συνθήκες. Κάτω από κανονικές κλιματικές συνθήκες ένα φυτό παράγει συνήθως τρία αδελφια τα οποία μπορεί να μην φέρουν όλα στάχυ. Αν η σπορά δεν είναι πυκνή και τα

επίπεδα λίπανσης χαμηλά μπορεί να παρατηρηθεί το φαινόμενο τα αδέρφια ενός φυτού να δώσουν αδέρφια(δευτερεύοντα αδέρφια). Τα αδέρφια που δημιουργούνται την περίοδο εμφάνισης του 4<sup>ου</sup>, 5<sup>ου</sup> και 6<sup>ου</sup>, φύλλου ολοκληρώνουν συνήθως το βιολογικό τους κύκλο και δίνουν καρπό. Επίσης τα αδέρφια που έχουν πάνω από τρία και φύλλα και το δικό τους ριζικό σύστημα συνήθως επιβιώνουν. Το ποσοστό των αδελφών που δεν ολοκληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο, ποικίλει ανάλογα με τη ποικιλία και την ύπαρξη συνθηκών στρες στον αγρό.

Κατά το αδελφωμα μία πολύ σημαντική διεργασία γίνεται στον κύριο βλαστό και στα αδέρφια και είναι η δημιουργία της κεφαλής . Παρόλο που το μέγεθος της είναι πολύ μικρό τα μέρη που αργότερα θα αποτελέσουν τα άνθη και τους καρπούς έχουν ήδη σχηματιστεί. Όταν ολοκληρωθεί η κεφαλή, ο βλαστός αρχίζει να αναπτύσσεται.

### **1.6.2.3.Αύξηση βλαστού και στάχου:**

Το στάδιο επιμήκυνσης του βλαστού έχει ως επιμέρους στάδια το καλάμωμα και τα στάδια αύξησης του στάχου. Τα γόνατα (κόμβοι) στο βλαστό γίνονται πιο ορατά καθώς αυτός μεγαλώνει κατά τη διάρκεια του καλαμώματος. Με την εμφάνιση του δεύτερου και τελευταίου γονάτου ο στάχυν διογκώνεται μέσα στο κολεό.

Οι πολύ παραγωγικές χειμερινές ποικιλίες έχουν μεγάλο βιολογικό κύκλο και ανθίζουν αναγκαστικά με κρύο καιρό. Η έναρξη της ανθοφορίας σηματοδοτείται με το σταμάτημα της παραγωγής φύλλων και την δημιουργία των σταχυδίων. Συνήθως δημιουργούνται 20 σταχύδια και το τελευταίο είναι τοποθετημένο σε ορθή γωνία σε σχέση με τα άλλα.

Η αύξηση του βλαστού συμπίπτει με τη περίοδο ανάπτυξης του στάχου κατά την οποία τα ανθύλλια ετοιμάζονται για την παραγωγή γύρης και τη γονιμοποίηση. Πριν την έκπτυξη του στάχου, τα διαφορετικά στάδια του βιολογικού κύκλου των αδελφών και του κυρίως βλαστού βοηθούν στον τελικό συγχρονισμό της παραγωγής. Έτσι η διαφορά εβδομάδων κατά την έκπτυξη των αδελφών γίνεται διαφορά λίγων ημερών κατά την έκπτυξη της κεφαλής από τον κολεό του φύλλου σημαία. Το στάδιο του φουσκώματος του κολεού είναι λίγο πριν την έκπτυξη του στάχου και κατά τη διάρκεια του ο κολεός του φύλλου σημαίας περιβάλλει τον αναπτυσσόμενο στάχυν.

Αυτή η ραγδαία ανάπτυξη είναι αποτέλεσμα του μεγάλου ανταγωνισμού για θρεπτικά στοιχεία και για αυτό και παρατηρείται και νέκρωση πολλών τμημάτων του φυτού. Στην αρχή καθώς ο βλαστός αρχίζει να αναπτύσσεται ο τελευταίος αδελφός που θα σχηματιστεί



ξεραίνεται όπως επίσης και κατά τη διάρκεια της εμφάνισης του στάχου πάνω από το ύψος του φυτού τα τελευταία ανθύλλια δεν γονιμοποιούνται.

#### **1.6.2.4.Εμφάνιση στάχου και άνθηση:**

Καθώς ο βλαστός αναπτύσσεται, ο στάχης εξέρχεται από το κολεό του φύλλου σημαίας και το στάδιο ονομάζεται έκπτυξη στάχου. Μετά από μερικές μέρες αρχίζει η άνθηση η οποία ξεκινά από τα κεντρικά ανθύλλια. Μέσα σε μερικές μέρες η άνθηση επεκτείνεται προς τα πάνω και προς τα κάτω στο στάχου και ολοκληρώνεται. Η άνθηση συνήθως χαρακτηρίζεται από την εκβολή του ανθήρα από το ανθύλλιο αλλά αυτό μπορεί και να αλλάξει ανάλογα με τη ποικιλία και τις κλιματικές συνθήκες. Αν οι ανθήρες είναι κίτρινοι ή γκρι και όχι τόσο πράσινοι αυτό είναι ένα σημάδι ότι η άνθηση έχει ολοκληρωθεί. Η άνθηση ενός στάχου ολοκληρώνεται μέσα σε 4 μέρες. Οι σπόροι του στάχου μπορεί να διαφέρουν σε μέγεθος από την άνθηση και διατηρούν αυτή τη διαφορά μέχρι την ωρίμανση.

#### **1.6.2.5.Ανάπτυξη και ωρίμανση σπόρου:**

Η ανάπτυξη του σπόρου χωρίζεται σε 4 στάδια τα οποία διαρκούν περίπου 4 εβδομάδες κάτω από κανονικές κλιματικές συνθήκες. Μία με δύο εβδομάδες μετά την άνθηση ο σπόρος αρχίζει να αποθηκεύει άμυλο και πρωτεΐνη με μεγάλη ταχύτητα και το βάρος του αυξάνει γραμμικά. Σε αυτό το στάδιο παρατηρείται η μεγαλύτερη αύξηση βάρους του σπόρου (Στάδιο μαλακής ζύμης). Καθώς ο σπόρος πλησιάζει προς την ωριμότητα έχουμε το στάδιο της σκληρής ζύμης.

Οι κακές κλιματικές συνθήκες καθ' όλη τη διάρκεια της ωρίμανσης του σπόρου μπορούν να μειώσουν το βάρος του και συνεπώς και τη παραγωγή. Κατά κανόνα όσο μεγαλύτερο είναι το διάστημα των κακών καιρικών συνθηκών και όσο νωρίτερα συμβούν τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η απώλεια στη παραγωγή. Οι σπόροι πριν στεγνώσουν είναι ώριμοι αλλά δεν είναι έτοιμοι για αποθήκευση. Στο τέλος του σταδίου ωρίμανσης το σιτάρι είναι έτοιμο για θερισμό. Η χρονική διάρκεια από τη βλάστηση ως την ωρίμανση ποικίλει ανάλογα με τη ποικιλία και τις κλιματικές συνθήκες. Είναι συνήθως 3 μήνες για τα εαρινά σιτηρά και λίγο παραπάνω για τα χειμωνιάτικα λόγω του λήθαργου κατά τη διάρκεια του χειμώνα. (<http://www.plantprotection.hu/modulok/gorog/wheat/index.htm>).

## Πίνακας 1.5. Παθολογίας-Εχθρών-Ζιζανίων

<b>Παθολογία – Ιοί, μυκόπλασμα</b>
Κίτρινος νανισμός του κριθαριού
Ατρακτοειδές μοσαϊκό του σιταριού
Ραβδωτό μοσαϊκό του κριθαριού
<b>Παθολογία – Βακτήρια</b>
Βακτηρίωση σιταριού
Βακτηρίωση – μελάνωση σιταριού
<b>Παθολογία – μύκητες</b>
Καφέ σκωρίαση
Μαύρη σκωρίαση
Κίτρινη σκωρίαση
Δαυλίτες
Γυμνός άνθρακας σίτου
Σεπτοριάσεις
Εργοτίαση
Σήψη λευκών στάχων
Ωίδιο των σιτηρών
Κίτρινη κηλίδωση των φύλλων σίτου
Ριζοκτονίαση
Ξερή σηψιρριζία
Κεφαλοσπορίωση
<b>Εχθροί</b>
Αφίδες
Θρίπας των σιτηρών
Σιδηροσκούληκα, συρματοσκούληκα ή
Μαρτζινάτα
Ντέλια
Σιτοδίπλωση
Ζάβρος των σιτηρών
Νηματώδεις που προκαλούν κύστες στα σιτηρά
<b>Ζιζάνια</b>
Αλεπονουρά
Λεπτή ήρα
Κίρσιο
Κίρσιο
Μεγάλη αγριοβρόμη
Παπαρούνα
Καψέλλα
Φάλαρη

Πηγή: <http://www.plantprotection.hu/modulok/gorog/wheat/index.htm>

## 1.7.Φυτοπροστασία του αραβόσιτου

Ο αραβόσιτος (γνωστός ως καλαμπόκι), κοινό όνομα για ένα δημητριακό της οικογένειας των Αγρωστωδών, καλλιεργείται ευρέως τόσο για ανθρώπινη κατανάλωση όσο και για ζωοτροφή. Είναι ετήσιο, μονοκότυλο φυτό που κατάγεται από την Νότια και Λατινική Αμερική. Είναι ένα  $C_4$  φυτό, έτσι η ανάπτυξη της οργανικής του μάζας είναι πολύ δυναμική. Μόνο λίγα φυτά (π.χ η λεύκα) αναπτύσσουν τόση οργανική μάζα στην περίοδο ανάπτυξης όπως ο αραβόσιτος. Τα  $C_4$  φυτά χρειάζονται σχετικά λιγότερο νερό για την παραγωγή οργανικής μάζας από ότι τα  $C_3$  φυτά, αλλά ο αραβόσιτος με την υπερβολική δυνατότητα ανάπτυξης που έχει, είναι ένα φυτό πολύ απαιτητικό σε νερό.



Εικόνα 1.6.: Αραβόσιτος

### 1.7.1.Τα μέρη του φυτού:

#### 1.7.1.1.Ρίζα

Ο αραβόσιτος έχει ένα τυπικό, επιφανειακό ριζικό σύστημα, όπως όλα τα μονοκότυλα φυτά. Οι ρίζες αναπτύσσονται από τους οφθαλμούς της βάσης. Οι ρίζες του αραβόσιτου δεν διεισδύουν σε μεγάλο βάθος στο έδαφος αλλά υπάρχει έντονη ανάπτυξη των πλευρικών ριζών. Οπότε το φυτό τρέφεται κυρίως με στοιχεία από το καλλιεργούμενο στρώμα του εδάφους. Το πυκνό πλευρικό ριζικό σύστημα εξασφαλίζει καλή σταθερότητα στο φυτό. Ο πρώτος και ο δεύτερος οφθαλμός κοντά στην επιφάνεια του εδάφους συνήθως αναπτύσσουν

χονδρές πλευρικές ρίζες. Αυτές οι ρίζες σπάνια εξελίσσονται σε κανονικές ρίζες αλλά υπηρετούν την στήριξη του φυτού. Η καταστροφή των ριζών αυτών ή του μεγαλύτερου μέρους των κανονικών ριζών στο έδαφος μπορεί να οδηγήσει στην πτώση του φυτού. Οι ρίζες του αραβόσιτου είναι συνήθως αρκετά χονδρές ώστε να μπορούν να ζουν μέσα σ' αυτές μερικά έντομα (οι προνύμφες του *Diabrotica virgifera*, οι προνύμφες των σιδηροσκούληκων,...). Πτώσεις φυτών μετά από ισχυρούς ανέμους ή ισχυρές βροχοπτώσεις, ή μεγάλος αριθμός φυτών με κυρτούς βλαστούς συνήθως οφείλονται στην καταστροφή του ριζικού συστήματος. Ο μεγάλος αριθμός των ριζών και των βλαστών που παραμένουν στον αγρό μετά την συγκομιδή παρέχουν βιολογικά διασπώμενο οργανικό υλικό στους μύκητες του εδάφους και σε άλλους ζώντες οργανισμούς. Από αυτό το οργανικό υλικό μπορούν να τραφούν και νεκροτροφικά παράσιτα, όπως διάφορα είδη του γένους *Fusarium*, τα οποία συχνά προσβάλλουν αγρούς σιτηρών και αραβόσιτου. Οι υγιείς ρίζες του αραβόσιτου είναι λευκές ή ελαφρώς κίτρινες και σε μερικές ποικιλίες με κυανό-πορφυρό μεταχρωματισμό. Το έντονο πορφυρό χρώμα και ο καστανός μεταχρωματισμός συνήθως είναι ένδειξη προσβολής από έντομο ή ασθένεια.

#### 1.7.1.2.Βλαστός

Ο αραβόσιτος συνήθως έχει ένα βλαστό. Ο πολλαπλασιασμός του βλαστού από τον οφθαλμό της βάσης (αδέλφωμα) είναι ανεπιθύμητος, η ανάπτυξη του στάχυ μπορεί να κατασταλεί και το φυτό δεν μπορεί να αναπτύξει όλους τους στάχεις στους άλλους βλαστούς. Το ύψος του βλαστού του αραβόσιτου ποικίλει. Μερικές πρώιμες ποικιλίες έχουν κοντούς βλαστούς, οι οποίοι είναι περίπου 1 μέτρο ενώ οι οψιμότερες ποικιλίες ενσίρωσης μπορεί να ξεπεράσουν τα 3 μέτρα. Ο βλαστός του αραβόσιτου πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο σκληρός διότι μετά την ωρίμανση πρέπει να είναι ανθεκτικός στις προσβολές από μύκητες και στον άνεμο. Ο σκληρός βλαστός είναι πολύ σημαντικός για τον καθορισμό της ποικιλίας του αραβόσιτου. Επειδή κατά το διάστημα μεταξύ της ωρίμανσης και της συγκομιδής τα φυτά έχουν απώλειες νερού (επιθυμητή διαδικασία), μπορεί η περίοδος αυτή να είναι μεγάλη οπότε οι βλαστοί πρέπει να παραμένουν ως την συγκομιδή.

Ο βλαστός του αραβόσιτου αποτελείται εσωτερικά από ένα σκληρό αγωγό, ο οποίος εκτείνεται κατά μήκος όλου του βλαστού και απαρτίζεται από ανθεκτικούς ιστούς. Η ανάπτυξη αυτών των ιστών ακολουθεί την ανάπτυξη του στάχυ και του καρπού. Επειδή αυτό συμβαίνει στο τέλος της βλάστησης, συνήθως το καλοκαίρι, άσχημες περιβαλλοντολογικές συνθήκες μερικές φορές εμποδίζουν την καλή ανάπτυξη των ιστών αυτών, γεγονός που



μπορεί να οδηγήσει σε πλάγιασμα των βλαστών πριν τη συγκομιδή. Ο βλαστός είναι ένας τυπικός μονοκότυλος βλαστός με σκληρούς κόμβους και μεγάλα μεσογονάτια διαστήματα. Το χρώμα του βλαστού ποικίλει, συνήθως είναι πράσινο αλλά υπάρχουν και ορισμένες ποικιλίες των οποίων ο βλαστός έχει έντονο πορφυρό χρώμα κυρίως στους κόμβους. Ο κυανός μεταχρωματισμός μπορεί να προκληθεί είτε από πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, είτε από ζιζανιοκτόνα που περιείχαν σουλφονυλουρία ή ακόμη και από φουζαριώσεις. Οι ξανθοί βλαστοί είναι ένδειξη πρόωγου γηρασμού που προκαλείται κυρίως από μύκητες του εδάφους (συνήθως του γένους *Fusarium*). Ενώ οι ροζ δακτύλιοι στα γόνατα είναι σίγουρα σύμπτωμα προσβολής από το γένος *Fusarium*. Προσβολές που γίνονται νωρίς σπάνια παρουσιάζουν αυτό το σύμπτωμα αλλά προσβολές που συμβαίνουν αργότερα, οι λεγόμενες φουζαριώσεις του των στελεχών, συνήθως εμφανίζουν αυτό το σύμπτωμα πρώτο κυρίως σε υγρές συνθήκες.

Ο βλαστός αναπτύσσεται από την κορυφή.

Ο βλαστός εμφανίζει μια τεράστια πράσινη μάζα, η οποία αποτελεί πολύ συχνά σημαντική τροφή για τα ζώα. Στις ανατολικές χώρες μόνο ο καρπός έχει διατροφική αξία, με εξαίρεση την παραγωγή για ενσίρωση, ενώ στις δυτικές ευρωπαϊκές χώρες ολόκληρο το φυτό του αραβόσιτου χρησιμοποιείται για ζωοτροφή. Γι αυτό το λόγο, τόσο η ποσότητα όσο και το περιεχόμενο του βλαστού είναι σημαντικά.

### 1.7.1.3. Φύλλα

Ο αραβόσιτος έχει το τυπικό φύλλωμα των μονοκότυλων φυτών, δηλαδή φύλλα με παράλληλα νεύρα. Τα φύλλα εκφύονται σε δύο παράλληλες σειρές εναλλάξ του βλαστού. Ο αραβόσιτος χρειάζεται πολύ φως για να αποκτήσει την μέγιστη οργανική μάζα. Έντομα και ασθένειες που προσβάλλουν το φύλλωμα, μειώνουν τον όγκο του οπότε και την παραγωγή. Το χρώμα ενός υγιούς φύλλου είναι πράσινο στη βάση και στη κορυφή, σε μερικές ποικιλίες υπάρχει κυανό-πορφυρός μεταχρωματισμός, αυτό αποτελεί χαρακτηριστικό της κάθε ποικιλίας. Ο αριθμός των φύλλων είναι επίσης χαρακτηριστικό τις κάθε ποικιλίας. Μερικές ποικιλίες που προορίζονται για ενσίρωση έχουν πολλά φύλλα γύρω από την περιοχή του σπάδικα. Αυτά τα φυλλώδη υβρίδια είναι πολύ χρήσιμα για ενσίρωση. Διατηρούν το πρασινο χρώμα τους και το πλουσιο φύλλωμα τους σ' ολη τη βιομάζα ενσιρώματος πολύ περισσότερο από ότι οι συμβατικές ποικιλίες. Οι σπάδικες αναπτύσσονται στη βάση των φύλλων. Ο αριθμός των στάξεων που εκφύονται είναι χαρακτηριστικό της ποικιλίας, αλλά το μέγεθος των στάξεων και η συνολική παραγωγή εξαρτάται κυρίως από τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες.



Το φυτό του αραβόσιτου δεν μπορεί να παράγει νέα φύλλα όταν καταστραφούν τα παλιά. Νέα φύλλα μπορούν να παραχθούν μόνο από νέους βλαστούς. Αυτό είναι αντιοικονομικό. Τα δικότυλα φυτά αναπτύσσουν νέα φύλλα όταν τα αρχικά καταστραφούν, πράγμα που δεν μπορεί να κάνει ο αραβόσιτος. Όποτε τα φύλλα του αραβόσιτου πρέπει να προστατεύονται το καλοκαίρι από παράσιτα (προσβολή από *diabrotica, oulema*) ή ασθένειες (*Cochliobolus*).

## 1.7.2.Αναπαραγωγικά όργανα

### 1.7.2.1.Θύσανοι:

Θύσανοι είναι οι αρσενικές ταξιανθίες του αραβόσιτου. Ο κάθε βλαστός παράγει μια ταξιανθία στην κορυφή του βλαστού. Κάθε θύσανος περιέχει ένα κύριο και μερικούς πλευρικούς άξονες. Οι άξονες έχουν πολλούς σταχίσκους, διατεταγμένους σε σειρές, κατα μήκος του άξονα. Κάθε σταχίσκος έχει τρεις ανθήρες. Ο αραβόσιτος είναι ένα φυτό που γονιμοποιείται με τον άνεμο, η γύρη που παράγεται από τους ανθήρες μπορεί να φτάσει στάχεις σε απόσταση 400-500 μέτρων. Ο θύσανος έχει ένα χαρακτηριστικό χρώμα, ανοιχτό κίτρινο ως σκούρο πορφυρό ανάλογα με την ποικιλία. Οι θύσανοι είναι τα παραγωγικά μέρη του φυτού, οπότε περιέχουν τοκοφερόλη. Αυτή η ουσία είναι πολύ σημαντική για μερικά έντομα δεδομένου ότι χωρίς αυτή τα έντομα θα ήταν στείρα. Το τέλειο *Diabrotica virgifera*, η προνύμφη *Helicoverpa armigera*, τα τέλεια *Oulema spp* συνήθως καταστρέφουν τους θύσανους του αραβόσιτου. Πεσμένοι ανθήρες στα πάνω φύλλα είναι ένδειξη ζημιάς που προκλήθηκε από έντομα. Σοβαρή ζημιά στους θύσανους μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στη γονιμοποίηση, τρύπες στους στάχεις και κατά συνέπεια απώλεια στην παραγωγή.

Οι θύσανοι, κυρίως ο κύριος άξονας τους, σπάνια έχουν ένα μικρό στάχυ. Η εμφάνιση τέτοιων στάχων είναι χαρακτηριστικό της ποικιλίας και ποτέ σύμπτωμα κάποιας ασθένειας. Μόνο η ασθένεια που προκαλείται από τον μύκητα *Sclerophthora macrospora* μπορεί να προκαλέσει παρόμοια συμπτώματα, αλλά ποτέ δεν παράγονται υγιείς καρποί. Αυτή η γενετική ιδιομορφία ποτέ δεν προκαλεί μείωση της παραγωγής ή άλλα προβλήματα. Οι στάχεις αυτοί είναι πολύ μικροί για να συμβάλλουν στην παραγωγή και συχνά προσβάλλονται από τον άνθρακα. Η ανθοφορία των θυσάνων αρχίζει πριν την ανθοφορία των στάχων και συνεχίζεται μετά από το τέλος της.

### 1.7.2.2.Στάχεις:

Οι στάχεις είναι οι θηλυκές ταξιανθίες του αραβόσιτου. Περιέχουν τον σπάδικα και τους καρπούς (καλαμπόκι). Ο καρπός μπορεί να είναι σκληρός, αυλακωτός, αλευρώδης και γλυκός, ανάλογα με το περιεχόμενο των σπόρων. Στην παραγωγή της Ευρώπης χρησιμοποιείται κυρίως ο αυλακωτός τύπος αλλά οι διαφορετικοί σκοποί κατανάλωσης είχαν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ιδιαίτερων ομάδων ποικιλιών, οι οποίες έχουν τα δικά τους δεδομένα και κριτήρια για τον καθορισμό της ποικιλίας. Η τροποποίηση της περιεκτικότητας αμινοξέων, η υψηλότερη περιεκτικότητα σε έλαια, η ικανότητα για παραγωγή σιμιγδαλιού παρατηρούνται στις νέες ποικιλίες.

Ο στάχυς του αραβόσιτου καλύπτεται από πλευρικά φύλλα, τα οποία συνήθως καλύπτουν ολόκληρο τον σπάδικα. Σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες η ανάπτυξη αυτών των πλευρικών φύλλων καταστέλλεται και η κορυφή του σπάδικα μένει γυμνή. Σε αυτή την περίπτωση, ο σπάδικας είναι περισσότερο εκτεθειμένος στα έντομα και στα πτηνά. Ο καρπός του αραβόσιτου έχει το σπέρμα στην κορυφή, το οποίο εφάπτεται στον σπάδικα. Κάθε σπόρος έχει ένα μακρύ άγανο, του οποίου το άκρο είναι ελεύθερο στο άκρο του στάχου και έτοιμο να πιάσει τη γύρη. Η καταστροφή του άγανου (συνήθως από έντομα, όπως τις προνύμφες του πράσινου σκουληκιού ή τα ενήλικα *Diabrotica virgifera*) μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στη γονιμοποίηση, οπές στους στάχεις και μείωση της παραγωγής. Το άγανο είναι ένα πολύ ευαίσθητο μέρος του φυτού. Πολύ υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να προκαλέσουν μικρούς τραυματισμούς, οι οποίοι την προσβολή από την κοινή καπνιά. Το άγανο και η κορυφή του στάχου προσβάλλονται από μύκητες του γένους *Fusarium* (πρώτα από όλα από τον *Fusarium moniliforme*). Το άγανο μπορεί να μολυνθεί απευθείας από άλλα είδη του γένους *Fusarium*, κάτω από συνθήκες υψηλής υγρασίας, συχνά εμφανίζεται πορφυρό χρώμα από *Fusarium graminearum* ή από *Fusarium culmorum*.

Οι σπόροι είναι τοποθετημένοι σε σειρές κατά μήκος του σπάδικα. Ο αριθμός των σειρών και ο το σχήμα του στάχου (κωνικό ή κυλινδρικό) αποτελούν χαρακτηριστικά της κάθε ποικιλίας. Ο αριθμός των στάχων σε κάθε φυτό εξαρτάται από την καλλιεργήσιμη ποικιλία και από τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες.

### 1.7.3.Αύξηση και ανάπτυξη

Η αύξηση και η ανάπτυξη του αραβόσιτου συμβαίνουν κατά τη διάρκεια ενός έτους ή μιας χρονικής περιόδου του έτους, ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και από το πόσο πρώιμη ή όψιμη είναι η καλλιεργήσιμη ποικίλα. Το ψύχος και οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες χωρίς άρδευση σταματούν την ανάπτυξη. Οι υπόλοιπες συνθήκες είναι κατάλληλες για την παραγωγή αραβόσιτου. Η ομάδα ωριμότητας στην οποία ανήκει η ποικιλία είναι πολύ σημαντική. Αυτή η ομάδα καθορίζεται από το νούμερο FAO. Η πιο πρώιμη είναι η FAO ομάδα 100 και οι πιο όψιμες είναι μέλη της ομάδας FAO 600. Οι πολύ όψιμες ποικιλίες δεν μπορούν να σταματήσουν τις απώλειες νερού ως την συγκομιδή και απαιτούν δαπανηρό τεχνητό στέγνωμα. Οι όψιμες ποικιλίες έχουν μεγαλύτερη βλαστική περίοδο, περισσότερο χρόνο για αύξηση της οργανικής μάζας και επομένως περισσότερες πιθανότητες για μεγαλύτερη παραγωγή.

#### 1.8.3.1.Βλάστηση:

Ο αραβόσιτος είναι ένα φυτό που αρέσκεται στις υψηλές θερμοκρασίες, αυτό σημαίνει ότι το φυτό απαιτεί αρκετή θερμοκρασία για καλή ανάπτυξη. Για την βλάστηση απαιτείται επίσης υψηλή θερμοκρασία εδάφους, αν είναι δυνατόν πάνω από 10 0C. Κάτω από αυτή τη θερμοκρασία η βλάστηση σταματάει και οι μύκητες του εδάφους και τα βακτήρια προσβάλλουν τα νεαρά φυτά. Κατά τη διαδικασία της βλάστησης απαιτείται επίσης επάρκεια εδαφικής υγρασίας. Σε μερικές περιοχές της Ευρώπης αυτό αποτελεί το πιο δύσκολο σημείο κατά την βλάστηση. Στα τέλη Απριλίου ή στις αρχές Μαΐου, όταν η θερμοκρασία είναι κατάλληλη το έδαφος μπορεί να είναι πολύ ξηρό. Έτσι οι σπόροι πρέπει να φυτεύονται αρκετά βαθιά στο έδαφος, περίπου σε 12-14 cm βάθος. Το βάθος της σποράς πρέπει να είναι το ίδιο σε όλα τα σημεία του αγρού. Εάν στον αγρό υπάρχουν κάποια σημεία όπου το έδαφος είναι πιο ξηρό, εκεί η σπορά ίσως πρέπει να γίνεται λίγο βαθύτερα. Ο χρόνος εμφάνισης των νεαρών φυτών θα πρέπει να είναι ο ίδιος σε όλα τα σημεία του αγρού. Η συνεχής βλάστηση και εμφάνιση νεαρών φυτών συνήθως προκαλούν προβλήματα στην αντιμετώπιση των ζιζανίων και προσφέρουν τροφή για μερικά έντομα για περισσότερο χρονικό διάστημα σε σύγκριση με μια ομοιόμορφη βλάστηση. Τα νεαρά φυτά των οποίων η βλάστηση έχει σταματήσει, δεν μπορούν να πραγματοποιήσουν το μέγιστο της απόδοσης τους και συχνά προσβάλλονται από παθογόνα του εδάφους ή ζώα (*Tanymecus dilaticolis*). Όταν η εμφάνιση των νεαρών φυτών γίνεται σταδιακά, τα φυτά που εμφανίζονται αργότερα ζουν κατά τη

διάρκεια όλης τους της ζωής μαζί με άλλα φυτά και η απόδοση είναι μικρότερη. Κατά τη βλάστηση, τα νεαρά φυτά χρησιμοποιούν τα δικά τους αποθηκευμένα θρεπτικά στοιχεία και επομένως ο ρόλος των νεαρών ριζών δεν είναι σημαντικός στην αρχή. Αργότερα όμως, οι ρίζες αυτές που στο μεταξύ αναπτύχθηκαν θα μπορούν να παρέχουν στο φυτό όλα τα θρεπτικά συστατικά. Οπότε, καταστροφές που γίνονται νωρίς στα φύλλα ή στις ρίζες των νεαρών φυτών μπορεί να προκαλέσουν απώλειες στην παραγωγή, διότι τα φυτά σπάνια ξεπερνούν τις πρώιμες ζημιές.

### **1.8.3.2.Βλαστική ανάπτυξη:**

Αυτή η φαινολογική φάση αρχίζει με την εμφάνιση του πρώτου φύλλου και τελειώνει με την εμφάνιση του θυσάνου. Αυτή η φάση είναι αρκετά γρήγορη και χρειάζεται αρκετό άζωτο και νερό. Η βλαστική ανάπτυξη πραγματοποιείται κάτω από ζεστές συνθήκες, οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί να σταματήσουν τη διαδικασία, τα φυτά συνήθως υποδεικνύουν αυτό το πρόβλημα με ένα κυανό-πορφυρό αποχρωματισμό. Λόγω έλλειψης νερού συνήθως δημιουργούνται μικρότερα φυτά (μπορεί να αναπτυχθούν αργότερα), πιο ορθά φύλλα και τελικά κουλούριασμα των φύλλων. Αυτό το σύμπτωμα είναι το πιο ορατό σύμπτωμα της ξηρασίας. Πριν από αυτό το φυτό μπορεί να παρουσιάζει κι άλλα συμπτώματα, αλλά αυτά καταλήγουν σε μικρότερη ή μεγαλύτερη απώλεια παραγωγής. Ο αριθμός των φύλλων που καθορίστηκε παραπάνω είναι ο ενδεχόμενος αριθμός σπάδικων αλλά το μέγεθος αυτών εξαρτάται από τις εκάστοτε συνθήκες (πρώτα από όλα θρεπτικά στοιχεία, νερό, και θερμοκρασία.).

Ο αραβόσιτος χρειάζεται μια υψηλή παραγωγή σε βλαστική μάζα για την ανάπτυξη του, η οποία πραγματοποιείται μέσω της φωτοσύνθεσης. Χωρίς αυτή δεν είναι δυνατό να έχουμε μια ικανοποιητική παραγωγή. Όλες οι ζημιές στο βλαστικό μέρος του φυτού (που προκαλούνται από έντομα, ασθένειες, ή περιβαλλοντολογικούς παράγοντες) μπορούν να μειώσουν την παραγωγή. Τα πολύ πρώιμα υβρίδια αναπτύσσουν τους θυσάνους τους πολύ νωρίτερα από τα όψιμα. Πολλά έντομα και ασθένειες προσβάλλουν το βλαστικό μέρος του αραβόσιτου αλλά η καταπολέμηση τους σπάνια είναι οικονομικά συμφέρουσα. Η καταστροφή του βλαστικού μέρους έχει μια αρνητική επίδραση στην απόδοση, αλλά συνήθως είναι καλύτερα οικονομικά να ανεχτείς την ζημιά από το να πληρώσεις τα έξοδα

για την προστασία. Σ' αυτή την περίοδο είναι πολύ σημαντικός ο έλεγχος των ζιζανίων. Τα ζιζάνια «κλέβουν» από τον αραβόσιτο νερό, άζωτο και φως και μπορούν να προκαλέσουν, σ' αυτό το στάδιο, την μεγαλύτερη δυνατή ζημιά. Η ζημιά που προκαλείται σ' αυτή την περίοδο από τα ζιζάνια μπορεί να είναι τόσο σοβαρή ώστε τα φυτά να μη μπορέσουν να αναπτυχθούν και μπορεί να χαθεί μέχρι και ολόκληρη η παραγωγή.

### **1.8.3.3.Ανθοφορία θυσάνων:**

Ο θύσανος είναι το αρσενικό αναπαραγωγικό όργανο του αραβόσιτου. Κάθε βλαστός έχει ένα θύσανο στην κορυφή του. Ο αραβόσιτος σε παρατεταμένη ξηρασία παράγει θυσάνους αλλά σπάνια στάχεις. Η ανάπτυξη των θυσάνων απαιτεί μεγαλύτερες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων από αυτές που απαιτούνται κατά την βλαστική ανάπτυξη αλλά μικρότερες από αυτές που απαιτούνται στην ανάπτυξη των στάχων. Κατά την ανάπτυξη των θυσάνων απαιτείται λιγότερο άζωτο αλλά περισσότερος φώσφορος, κάλιο και μικροστοιχεία. Ένας κανονικός θύσανος έχει ένα κεντρικό και μερικούς πλευρικούς άξονες. Το χρώμα των θυσάνων, ο τύπος των πλευρικών αξόνων (ορθοί ή πλάγιοι) καθώς και ο τύπος του κεντρικού άξονα (ίσιος ή αυλακωτός) είναι χαρακτηριστικά της κάθε ποικιλίας. Ο αραβόσιτος γονιμοποιείται με γύρη που μεταφέρεται από τον άνεμο, οπότε ο θύσανος μπορεί να γονιμοποιήσει άγανα που βρίσκονται μέχρι και σε ακτίνα μισού χιλιομέτρου. Εφόσον οι θύσανοι είναι το αναπαραγωγικό μέρος κάποια ζώα (*Diabrotica virgifera*, *Helicoverpa armigera*) τα οποία ψάχνουν για τοκοφερόλη συνήθως τρέφονται από αυτούς. Σοβαρές ζημιές στους θυσάνους μπορεί να προκαλέσουν απώλειες παραγωγής λόγω προβλημάτων γονιμοποίησης. Ο θύσανος δεν είναι το πιο σημαντικό τμήμα του αραβόσιτου, ο αραβόσιτος μπορεί να δώσει μια καλή παραγωγή χωρίς κανένα θύσανο, αλλά χωρίς γύρη που παράγεται από τους θυσάνους δεν υπάρχει παραγωγή.

### **1.8.3.4.Ανθοφορία στάχων**

Ο στάχης είναι το πιο σημαντικό μέρος του αραβόσιτου. Προσδιορίζει την απόδοση του φυτού, χωρίς αυτόν η παραγωγή αραβόσιτου δεν έχει οικονομικό ενδιαφέρον. Η ανάπτυξη του στάχου αρχίζει το τελευταίο τέταρτο της βλαστικής ανάπτυξης. Ο μέγιστος αριθμός των στάχων καθορίζεται γενετικά ενώ ο πραγματικός αριθμός καθορίζεται από τους παράγοντες του περιβάλλοντος. Η ανθοφορία του στάχου αρχίζει όταν το πρώτο άγανο εμφανίζεται στην



κορυφή του στάχου. Η ανθοφορία διαρκεί 3-7 μέρες και έπειτα το άγανο στεγνώνει. Το χρώμα του άγανου μπορεί να είναι ανοιχτό πράσινο, κίτρινο, ροζ ή πορφυρό, ανάλογα με την ποικιλία. Η ανάπτυξη του στάχου και η ανθοφορία είναι οι πιο απαιτητικές διαδικασίες σε θρεπτικά στοιχεία και νερό. Κάτω από πολύ άσχημες συνθήκες σταματάει η ανάπτυξη του στάχου ή εμποδίζεται η ανθοφορία. Ο στάχους είναι πλούσιος σε τοκοφερόλη, έτσι τα έντομα, τα οποία χρειάζονται αυτή την ουσία, συνήθως προσβάλλουν τους στάχους. Το άγανο είναι το πιο ευαίσθητο μέρος του φυτού. Ζημιές που προκαλούνται από έντομα ή άλλους παράγοντες μπορεί να μειώσουν την παραγωγή. Η ανθοφορία απαιτεί περισσότερο νερό, μάλιστα η πιο απαιτητική περίοδος για νερό σε όλο τον κύκλο του φυτού είναι η ανθοφορία των στάχων. Σε ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες τα άγανα στεγνώνουν πολύ γρήγορα, και μπορεί πάλι να έχουμε απώλειες στην παραγωγή. Επίσης, η επιφάνεια του άγανου είναι εύκολο να καταστραφεί από απότομες αλλαγές της θερμοκρασίας. Αυτό συνήθως καταλήγει στην εμφάνιση του κοινού άνθρακα, επειδή η ασθένεια είναι ένα χαρακτηριστικό παθογόνο που εμφανίζεται στις πληγές. Οι πληγές μολύνονται συνήθως από τους μύκητες του γένους *Fusarium*, πρώτα από όλα από τον *F.moniliforme*, σε άλλα είδη του γένους *Fusarium*, όπως ο *F. Graminearum*, δεν χρειάζεται να έχει προηγηθεί η δημιουργία πληγών αλλά μολύνουν κατευθείαν το ευαίσθητο άγανο. Ο χρόνος της ανθοφορίας εξαρτάται από το πόσο όψιμη ή πρόωμη είναι η ποικιλία.

Μετά το τέλος της ανθοφορίας, ο αραβόσιτος αρχίζει να αποθηκεύει συστατικά στους σπόρους. Διαδικασία που δεν είναι τόσο απαιτητική σε θρεπτικά στοιχεία και νερό όσο η ανθοφορία των στάχων.

#### **1.8.3.5.Γήρανση :**

Ο αραβόσιτος, μετά την ανθοφορία των στάχων, γεμίζει τους καρπούς και μειώνει αργά την περιεκτικότητά του σε νερό. Η ανάπτυξη των στηρικτικών ιστών αρχίζει μετά το γέμισμα των καρπών. Αυτή οι ιστοί βοηθούν στο να παραμένουν τα φυτά όρθια ως τη συγκομιδή. Το γέμισμα των καρπών εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν το καλοκαίρι. Όταν το καλοκαίρι είναι πολύ ζεστό και δεν υπάρχει επάρκεια νερού το φυτό “πεθαίνει” πριν το πλήρες γέμισμα των καρπών και η απόδοση μειώνεται σημαντικά. Όταν υπάρχει επάρκεια υγρασίας και το καλοκαίρι δεν είναι υπερβολικά ζεστό, τα φυτά

παραμένουν ζωντανά, οι διαδικασίες του γεμίσματος των καρπών και της ανάπτυξης του στηρικτικού ιστού ολοκληρώνονται κανονικά και το φυτό στεγνώνει αργά. Η απώλεια νερού είναι συνεχής αλλά η ταχύτητα με την οποία πραγματοποιείται είναι χαρακτηριστικό της ποικιλίας. Οι ποικιλίες στις οποίες έχουμε ταχεία απώλεια νερού είναι καλύτερες από τις υπόλοιπες. Σ' αυτό το στάδιο επίσης τα έντομα και οι ασθένειες μπορούν να μειώσουν την παραγωγή. Οι προνύμφες του πράσινου σκουληκιού μπορούν να προσβάλλουν τους στάχεις όταν οι καρποί είναι αρκετά σκληροί.

Όταν το φθινόπωρο είναι πολύ υγρό, οι μύκητες του γένους *Fusarium* μεταδίδονται πολύ γρήγορα και μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές μολύνσεις στον βλαστό και στον στάχυ. Όταν η περιεκτικότητα σε νερό είναι αρκετά χαμηλή είναι η καλύτερη εποχή για συγκομιδή. Κάποιες πρώιμες ποικιλίες μπορεί να συγκεντρώνουν νερό στους ξηρούς τους σπόρους, από όταν το φθινόπωρο είναι πολύ υγρό. Οι σήψεις στελέχους μπορούν να καταστρέψουν το βλαστό, οπότε οι στάχεις πέφτουν κάτω στο έδαφος. Αυτό σημαίνει σοβαρές απώλειες στην παραγωγή.

#### Πίνακας 1.6. Παθολογίας – Εχθρών - Ζιζανίων

##### **Παθολογία – Ιοί, μυκόπλασμα**

Νανισμός με μωσαϊκό  
του καλαμποκιού Μαίζ

Μωσαϊκό του  
ζαχαροκάλαμου

##### **Παθολογία – Βακτήρια**

Όνομα ασθένειας:  
Βακτηρίωση

##### **Παθολογία – μύκητες**

Φούντωμα» κορυφής

Σήψη στελέχους  
από *Diplodia*

Ελμινθοσπορίαση  
των φύλλων  
του αραβόσιτου

Ελμινθοσπορίαση  
του αραβόσιτου

Ελμινθοσπορίαση  
του αραβόσιτου

Σήψη από Μακροφομίνα

Φουζαρίωση των στελεχών

Φουζαρίωση των στάχων

Σήψη απο Nigrospora

Άνθρακας αραβοσίτου

### **Εχθροί**

Διαβρωτικό Κολεόπτερο

Σιδεροσκούληκα,

συρματοσκούληκα

ή βελονίδες

Τανύμεκος

Πυράουστα ή πυραλίδα

του καλαμποκιού

Πράσινο σκουλήκι

Οσινέλλα

Άλτες

### **Ζιζάνια**

Τάτουλας

Αμβρωσία Αρτεμισιφολια

Λουβουδιά

Τραχύ βλήτο

Κολλιτσιίδες

Κίρσιο

Μουχρίτσα

Πάνικουμ

Σετάρια

Πηγή: <http://www.plantprotection.hu/modulok/gorog/maize/index.htm>

### **Τύποι:**

Το καλαμπόκι κατατάσσεται σε 7 τύπους, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των σπόρων του: σε **σκληρό, οδοντωτό, αλευρώδη, σακχαρώδη, κηρώδη, μικρό και «ντυμένο»**.

- Ο **αλευρώδης** τύπος χρησιμοποιείται για την παρασκευή κυρίως αλευριού, οι δε κόκκοι του αποτελούν μία αμυλώδη μάζα.
- Ο **κηρώδης** τύπος έχει κόκκινη απόχρωση και χρησιμοποιείται στη βιομηχανική παραγωγή συγκολλητικών ουσιών.
- Ο **ντυμένος** τύπος είναι χαμηλής ποιότητας και χρησιμοποιείται σαν ζωοτροφή.
- Ο **σακχαρώδης** τύπος έχει σπόρια με γλυκιά νόστιμη γεύση, συρρικνωμένα ενώ το σάκχαρο του φυτού δεν μετατρέπεται σε άμυλο όπως συμβαίνει με τους άλλους τύπους. Οι κόκκοι του τρώγονται απευθείας από το βρασμένο ή ψητό σπάδικα.
- Στον **οδοντωτό** τύπο τα σπόρια είναι συρρικνωμένα στη κορυφή.
- Στο **σκληρό** καλαμπόκι το εξωτερικό περίβλημα του κόκκου εμποδίζει τη συρρίκνωσή του αφού δημιουργεί ένα πέπλο σκληρού φλοιού. Ο συγκεκριμένος τύπος προτιμάται στη κονσερβοποιία.

- Τέλος ο μικρός τύπος χαρακτηρίζεται από σπόρους μικρούς και πολύ σκληρούς. Όταν θερμανθούν διαστέλλονται και σκάνε παράγοντας το γνωστό ποπ κορν.

## Χρήσεις



Εικόνα 1.7. :Ψημένα και άψητα καλαμπόκια (σπάδικες)

Παρότι το καλαμπόκι είναι βασική πηγή διατροφής σε πολλές χώρες, η θρεπτική του αξία είναι μικρότερη απ' ό τι στα άλλα σιτηρά. Επίσης το ψωμί που παράγεται από το καλαμπόκι , γνωστό με το όνομα μπομποτά, δεν είναι καλής ποιότητας. Το άμυλο καλαμποκιού (γνωστό και ως κορν φλάουρ ή άνθος αραβοσίτου) χρησιμοποιείται στη ζαχαροπλαστική, στην παραγωγή αμυλούχων προϊόντων και στην αλλαντοποιΐα. Στη Λατινική Αμερική το καλαμπόκι χρησιμοποιείται ως βάση ενός είδος ζύμης από την οποία παρασκευάζονται οι «τορτίγιας», επίπεδες πίτες που αντικαθιστούν το ψωμί.

Στη διατροφή επίσης χρησιμοποιείται και το λάδι του καλαμποκιού, το γνωστό αραβοσιτέλαιο. Οι κόκκοι του καλαμποκιού, με κατάλληλη επεξεργασία, μπορεί να γίνουν και αλκοόληβιομηχανικής χρήσης.

Όμως χρήσιμα είναι και τα μη φαγώσιμα μέρη. Έτσι από το καλάμι φτιάχνεται χαρτί και χαρτόνι. Οι άξονες των σπαδικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμο (συνήθως σε φωτιά) και στην παραγωγή διαφόρων διαλυτών χρήσιμων στη βιομηχανία. Τα υπολείμματα από την κατεργασία του καλαμποκιού αποτελούν και μια από τις σημαντικότερες πηγές βιομάζας.



## Παραγωγή

Το καλαμπόκι και η καλλιέργεια του είναι διαδεδομένη παγκοσμίως. Οι Η.Π.Α έχουν τη μεγαλύτερη παραγωγή στον κόσμο με 285 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Ακολουθούν η Κίνα, η Βραζιλία και το Μεξικό.

Στην Ελλάδα καλλιεργείται κυρίως στη Μακεδονία, τη Θράκη, τη Στερεά και την Πελοπόννησο. Η ετήσια παραγωγή φτάνει το 1,5 εκατομμύριο τόνους. (<http://www.plantprotection.hu/modulok/gorog/maize/index.htm>)

(<http://el.wikipedia.org/wiki/Καλαμπόκι>)

---

## 1.9.Βαμβάκι



Εικόνα 1.8.:Βαμβάκι

Αγγειόσπερμο, δικότυλο φυτό το **βαμβάκι** ανήκει στην τάξη των Μαλαχοδών και στην οικογένεια των Μαλαχοειδών. Ιθαγενές των τροπικών περιοχών της Αφρικής και της Ασίας είναι γνωστό από τα πανάρχαια χρόνια και καλλιεργείται για τις ίνες του.

Σε ανασκαφές που έγιναν στην Ινδία βρέθηκαν υπολείμματα υφασμάτων από βαμβάκι που υπολογίζονται γύρω στο 3000 π.Χ. Στην Ελλάδα πρωτοήρθε από την Ασία κατά την εποχή του Μεγάλου Αλεξάνδρου γύρω στο 325 π.Χ. Η καλλιέργειά του στη συνέχεια εξαπλώθηκε στις άλλες ευρωπαϊκές χώρες της Μεσογείου. Τα χρόνια εκείνα το βαμβάκι αναφερόταν σαν δέντρο, γεγονός που αποδεικνύει ότι καλλιεργούσαν δενδροειδείς ποικιλίες βαμβακιού. Η καλλιέργεια του βαμβακιού στην Ελλάδα αναφέρεται από τον Πausανία το 2 μ.Χ. αιώνα με



την ονομασία “βύσσος”. Η καλλιέργεια του επεκτάθηκε σε μεγάλη κλίμακα γύρω στο 550 μ.Χ.

Η επιστημονική του ονομασία είναι *γοσύπιο* και οι βλαστοί του διακλαδώνονται φτάνοντας σε ύψος το 1,5 μέτρο αλλά και τα 6 μέτρα στις δενδροειδείς ποικιλίες. Έχει φύλλα με μακρύ μίσχο, μεγάλα και με έλασμα. Στη βάση του μίσχου βρίσκονται δύο μικρά παράφυλλα συνήθως οδοντωτά. Τα άνθη βγαίνουν από τις μασχάλες των φύλλων και είναι μεγάλα, μοναχικά και παράγονται από ανθοφόρους οφθαλμούς. Οι ανθοφόροι οφθαλμοί στην αρχή τους μοιάζουν με μικρές πυραμίδες και στο στάδιο αυτό τα άνθη του λέγονται χτένια. Ο καρπός του είναι κάψα και έχει 8-10 σπόρια που περιβάλλονται από λευκές ίνες. Οι ώριμες ίνες αποτελούνται κατά μεγάλο ποσοστό από κυτταρίνη. Σήμερα το βαμβάκι καλλιεργείται σε πολλές χώρες της γης αλλά το μεγαλύτερο τμήμα της παραγωγής προέρχεται από το βόρειο ημισφαίριο.

### 1.9.1. Καλλιεργούμενα είδη

Τα είδη που καλλιεργούνται σήμερα είναι τέσσερα.

**1-Χνουδωτό βαμβάκι** Το πιο κοινά καλλιεργούμενο δίνει πάνω από το 90% της παγκόσμιας παραγωγής. Είναι και το μοναδικό είδος που καλλιεργείται στην Ελλάδα. Το είδος αυτό είναι πολυετές αλλά στην Ελλάδα καλλιεργείται σαν μονοετές γιατί δεν επιβιώνει σε κρύο χειμώνα. Οι ίνες που παράγει φτάνουν τα 45 χιλιοστόμετρα μήκος και χαρακτηριστικό του είναι το χνούδι που περικλείει τα σπόρια του. Τα άνθη του είναι λευκά όταν ανοίξουν αλλά στη πορεία αλλάζουν χρώμα και γίνονται κόκκινα ή μοβ. Είναι βαμβάκι υψηλής ποιότητας με μεγάλη αντοχή, ελαστικότητα, πολύ καλή στιλπνότητα και ομοιομορφία.

**2-Ποώδες βαμβάκι** Βρίσκεται αυτοφυές στο Πακιστάν στην Ινδία και σε ορισμένες περιοχές της Αφρικής. Παλαιότερα η καλλιέργεια του ήταν πολύ διαδεδομένη αλλά σήμερα οι καλλιέργειες του αντικαταστάθηκαν από το χνουδωτό βαμβάκι που είναι πολύ καλλίτερης ποιότητας. Στην Ελλάδα το καλλιεργούσαν μέχρι το 1950 στη Λιβαδειά όπου ήταν γνωστό με την ονομασία Δαδιώτικο και στις Σέρρες.

**3-Βαρβαδεινό βαμβάκι** Πολυετή και ετήσια φυτά που τα περισσότερα είναι δενδροειδή και φτάνουν σε ύψος και τα 6 μέτρα. Η καταγωγή του είδους αυτού είναι η λατινική Αμερική και σήμερα καλλιεργείται στην Αίγυπτο, το Σουδάν, σε πρώην Σοβιετικές χώρες, στις Η.Π.Α., στη Βραζιλία και το Περού. Τα κλαδιά του βαμβακιού αυτού είναι πλάγια και τα φύλλα του έχουν μεγάλες σχισμές Τα σπόρια του είναι κυανού χρώματος και τα άνθη είναι κιτρινωπά με μία κηλίδα στη βάση του κάθε πέταλου. Οι ίνες του είναι οι μακρύτερες από όλα τα είδη και φτάνουν και τα 50 χιλιοστόμετρα είναι καλής ποιότητας , λεπτές και μαλακές.

**4-Δενδροειδές βαμβάκι.** Βρίσκεται αυτοφυές στο Πακιστάν , τη Σρι Λάνκα και την Ινδία όπου θεωρείται ιερό φυτό γι αυτό βρίσκεται έξω από πολλούς ναούς. Οι ίνες του είναι πολύ κοντές και όχι τόσο καλής ποιότητας γι αυτό η καλλιέργεια του είναι πολύ περιορισμένη.

### **1.9.2.Κλίμα,έδαφος,σπορά,λίπανση**

**Το βαμβάκι είναι φυτό απαιτητικό** σε υψηλές θερμοκρασίες. Το καταλληλότερο κλίμα για τη σωστή ανάπτυξη του είναι μία μέτρια σε ζέστη και κρύο άνοιξη , συχνές βροχοπτώσεις όχι μεγάλης έντασης , όχι παγετός ή χαλάζι, δροσερό φθινόπωρο χωρίς πολλές βροχές και ζεστό, υγρό καλοκαίρι. Δυνατές σε ένταση βροχές μπορούν να καταστρέψουν τις ίνες του φυτού. Τα κατάλληλα εδάφη θεωρούνται αυτά που είναι αμμοπηλώδη με αρκετή ποσότητα αργίλου, οργανικές ουσίες και λίγο άζωτο και φώσφορο. Η απόδοση σε παραγωγή δεν επηρεάζεται εάν το χωράφι φυτεύεται για πολλά χρόνια. Στην Ελλάδα για παράδειγμα λόγω έλλειψης μεγάλων εκτάσεων καλλιεργείται στο ίδιο χωράφι για πολλά χρόνια και πολλές φορές.

Επειδή το βαμβάκι είναι αρκετά ευαίσθητο φυτό η καταπολέμηση των ζιζανίων είναι αρκετά δύσκολη και η ύπαρξη τους μπορεί να μειώσει αισθητά τη παραγωγή. Ο πολλαπλασιασμός του βαμβακιού γίνεται με σπορά αφού πρώτα τα σπόρια υποστούν ειδική επεξεργασία και αφαιρεθούν οι διάφορες ίνες που τα περιβάλλουν. Έτσι ο σπόρος κυλά ευκολότερα στις μηχανές σποράς και διευκολύνει την απορρόφηση της υγρασίας του εδάφους.

Στην Ελλάδα η καλύτερη εποχή για τη σπορά είναι από τις αρχές Απριλίου έως τα μέσα Μαΐου. Το όψιμο βαμβάκι σπέρνεται στις βόρειες περιοχές και το πρόιμο στις νότιες. Η θερμοκρασία κατά τη σπορά πρέπει να είναι γύρω στους 15 βαθμούς καθώς χαμηλότερες θερμοκρασίες καθυστερούν το φύτευμα και οι σπόροι μπορεί να εμφανίσουν μύκητες. Το βαμβάκι δεν εξαντλεί το έδαφος από τα θρεπτικά του στοιχεία. Παρ όλα αυτά μερικές φορές χρειάζεται λίπανση με αζωτούχα λιπάσματα. Η λίπανση με διάφορα άλλα λιπάσματα δεν έχει δώσει καλλίτερα αποτελέσματα στην παραγωγή. Όταν χρειαστεί πότισμα τότε αυτό είναι καλό να γίνεται με τη μέθοδο της τεχνητής βροχής, δηλαδή ράντισμα όλου του φυτού.

### 1.9.3.Συγκομιδή-Εκκόκκιση



Εικόνα 1.9.:Συγκεντρωμένο καθαρό βαμβάκι έτοιμο για το εμπόριο

Για να ωριμάσει το βαμβάκι πρέπει να περάσουν περίπου 2 μήνες από τη σπορά. Η συλλογή του γίνεται με ειδικές μηχανές, που είναι πιο σύνηθες ή με το χέρι που είναι πιο δαπανηρό και επίπονο αλλά το βαμβάκι είναι πιο καθαρό και έτσι έχει και καλλίτερη τιμή στο εμπόριο. Μετά τη συγκομιδή το βαμβάκι μεταφέρεται σε ειδικούς χώρους που λέγονται εκκοκκιστήρια. Εκεί γίνεται ο αποχωρισμός των ινών από το σπόρο. Ο χρόνος που γίνεται η εκκόκκιση είναι περίπου 3 μήνες μετά τη συλλογή. Τα περισσότερα εκκοκκιστήρια διαθέτουν μηχανισμούς που απομακρύνουν τα διάφορα ξένα σώματα όπως χώμα, φύλλα, σπόρους καθώς και την περιττή υγρασία. Μετά από τις διαδικασίες αυτές τα βαμβάκια, καθαρά πλέον, συσκευάζονται σε μεγάλες μπάλες ή τετράγωνες παλέτες, δένονται, καταγράφεται η ποιότητα και προωθούνται στο εμπόριο.

### 1.9.4.Εμπόριο, Χρήσεις

Η κατασκευή υφασμάτων είναι η βασικότερη από τις διάφορες χρήσεις του βαμβακιού. Στην υφαντουργία οι ίνες του αποτελούν την κυριότερη ύλη. Τα βαμβακερά υφάσματα είναι πολύ καλής ποιότητας αν και σήμερα τα αντικαθιστούν με συνθετικά που στοιχίζουν λιγότερο. Η Κίνα έχει τη μεγαλύτερη παραγωγή στον κόσμο. Ακολουθούν η Ινδία, οι Η.Π.Α., η Ρωσία, το Πακιστάν και η Βραζιλία.

Στην Ελλάδα καλλιεργούνταν περίπου 4.300.000 στρέμματα το 2000 και η ετήσια παραγωγή έφτανε τους 435.000 τόνους<sup>[1]</sup>.

Το 2009 καλλιεργήθηκαν 2.350.000 στρέμματα έναντι ~2.500.000 το 2008 με τάση να καλλιεργηθούν 3.000.000 το 2010. Οι διακυμάνσεις είναι αποτέλεσμα των πολιτικών

επιδοτήσεων και των πλαφόν που έχουν αυτές.<sup>[2]</sup>

Το μεγαλύτερο μέρος του Ελληνικού βαμβακιού καταναλώνεται εγχώρια ενώ το υπόλοιπο εξάγεται κυρίως σε μορφή νημάτων. Από το σπόρο του βαμβακιού βγαίνει λάδι που χρησιμοποιείται σαν επιτραπέζιο αλλά περιορισμένα. Επίσης από τα υπολείμματα του βαμβακιού παρασκευάζεται η **βαμβακόπιτα** που χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή.

Αναφορές

↑ Για την ακρίβεια καλλιεργούνταν 4.295.710 στρέμματα. Στοιχεία για το 1999/2000 από το Βιομηχανικά Φυτά, Στέλλα Γαλανοπούλου - Σενδούκα, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα 2002

(<http://el.wikipedia.org/wiki/Βαμβάκι>)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1.Πείραμα

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε τα έτη 2009 και 2010 στο εργαστήριο Εδαφολογίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και σε φυτοδοχεία στο θερμοκήπιο.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη πέντε εδαφοβελτιωτικών γκαιίτη (G), γκαιίτη-ζεόλιθο κίτρινο-1 (Z-G κίτρ. ή Z-G-1), γκαιίτη-ζεόλιθο κόκκινο (Z-G κοκ. ή Z-G-2), μπεντονίτη (B) και ζεόλιθο (Z) στην κατακράτηση φωσφορικών ιόντων ( $\text{PO}_4^-$ ) και η αποτελεσματικότητα αυτών στις καλλιέργειες των φυτών του σιταριού, βαμβακιού και καλαμποκιού σε εδάφη επιβαρυμένα με φώσφορο.

Όσον αφορά τη μελέτη της αποτελεσματικότητας των εδαφοβελτιωτικών συστατικών στην κατακράτηση των φωσφορικών ιόντων από τις καλλιέργειες πραγματοποιήθηκε σε τρεις επαναλήψεις στο θερμοκήπιο. Και στις τρεις επαναλήψεις χρησιμοποιήθηκε η ίδια συγκέντρωση φωσφόρου σε ένα τύπο εδάφους. Η συγκέντρωση φωσφόρου που εφαρμόστηκε για τη μελέτη της αποτελεσματικότητας των παραπάνω εδαφοβελτιωτικών στην καλλιέργεια των φυτών του σιταριού, βαμβακιού και καλαμποκιού σε εδάφη επιβαρυμένα με φώσφορο ήταν  $7995,44 \text{ } \mu\text{g PO}_4^-/\text{Kg}$  εδάφους και οι συγκεντρώσεις των εδαφοβελτιωτικών  $5\text{g/Kg}$  εδάφους για τον ζεόλιθο και τον μπεντονίτη και  $1\text{g/Kg}$  εδάφους για το γκαιίτη, ζεόλιθο-γκαιίτη κόκκινο και ζεόλιθο-γκαιίτη κίτρινο.

Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του πειράματος στο θερμοκήπιο κυμαινόταν μεταξύ  $25 - 35 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Ο φώσφορος που εφαρμόστηκε για το πείραμα στο θερμοκήπιο είχε τη μορφή  $\text{PO}_4^-$ .

Στο θερμοκήπιο, το πείραμα για τη μελέτη της αποτελεσματικότητας των εδαφοβελτιωτικών στην κατακράτηση φωσφορικών ιόντων στις καλλιέργειες σε επιβαρυμένα εδάφη με φώσφορο περιλάμβανε πέντε εδαφοβελτιωτικά και το μάρτυρα, ένα τύπο εδάφους, μια συγκέντρωση φωσφόρου, τις καλλιέργειες των φυτών σιταριού, βαμβακιού και καλαμποκιού σε τρεις συνολικά επαναλήψεις.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε πείραμα μελέτης της αποτελεσματικότητας των παραπάνω εδαφοβελτιωτικών στις καλλιέργειες των φυτών του σιταριού, βαμβακιού και καλαμποκιού σε εδάφη επιβαρυμένα από φώσφορο.



## 2.2.Θερμοκήπιο

Η σπορά στο θερμοκήπιο πραγματοποιήθηκε στις 2/08/10 σε φυτοδοχεία του ενός κιλού. Ο τύπος του εδάφους που χρησιμοποιήθηκε καθώς και η συγκέντρωση του φωσφόρου σε αυτό ήταν ο ίδιος για όλα τα φυτοδοχεία. Το βάθος σποράς των σπόρων των φυτών σιτάρι, βαμβάκι και καλαμπόκι ήταν επιφανειακό περίπου πέντε εκατοστών. Τα φυτά αρδεύονταν κανονικά για σαράντα μέρες ενώ τοποθετήθηκαν ειδικοί δίσκοι στο κάτω μέρος των φυτοδοχείων για την διατήρηση των απαραίτητων συνθηκών υγρασίας. Μετά το πέρας των σαράντα ημερών πραγματοποιήθηκε η κοπή στις 13/09/10. Το πείραμα στο θερμοκήπιο πραγματοποιήθηκε σε τρεις επαναλήψεις και χρειάστηκαν εβδομήντα δύο συνολικά επεμβάσεις και έξι επιπλέον φυτοδοχεία που περιείχαν μόνο τα φυτά χωρίς προσθήκη φωσφόρου. Εν συνεχεία μετρήθηκαν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών : τελικό ύψος υπέργειου μέρους, μήκος ρίζας, χλωρό βάρος ολόκληρου του φυτού, φυλλική επιφάνεια και το ξηρό βάρος ολόκληρου του φυτού. Το πειραματικό σχέδιο της μελέτης στο θερμοκήπιο φαίνεται στους παρακάτω πίνακες, (πίνακες 2.1, 2.2 και 2.3).

Πίνακας 2.1. Πειραματικό σχέδιο του πειράματος στο θερμοκήπιο (1<sup>η</sup> επανάληψη)

1 <sup>η</sup> ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ		
1 g Z- G κιτρ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	1 g Z- G κιτρ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	1 g Z- G κιτρ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
1 g Z- G κοκ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	1 g Z- G κοκ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	1 g Z- G κοκ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
1 g G PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	1 g G PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	1 g G PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
5 g Z PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	5 g Z PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	5 g Z PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
5 g B PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	5 g B PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	5 g B PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού

Πίνακας 2.2. Πειραματικό σχέδιο του πειράματος στο θερμοκήπιο (2<sup>η</sup> επανάληψη)

2 <sup>η</sup> ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ		
1 g Z- G κίτρ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	1 g Z- G κίτρ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	1 g Z- G κίτρ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
1 g Z- G κοκ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	1 g Z- G κοκ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	1 g Z- G κοκ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
1 g G PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	1 g G PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	1 g G PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
5 g Z PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	5 g Z PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	5 g Z PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
5 g B PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	5 g B PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	5 g B PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού

Πίνακας 2.3. Πειραματικό σχέδιο του πειράματος στο θερμοκήπιο (3<sup>η</sup> επανάληψη)

3 <sup>η</sup> ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ		
1 g Z- G κιτρ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	1 g Z- G κιτρ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	1 g Z- G κιτρ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
1 g Z- G κοκ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	1 g Z- G κοκ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	1 g Z- G κοκ PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
1 g G PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	1 g G PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	1 g G PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
5 g Z PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	5 g Z PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	5 g Z PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
5 g B PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	5 g B PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	5 g B PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό σιταριού	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό βαμβακιού	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Φυτό καλαμποκιού

## **2.3.Εργαστήριο**

- Το πείραμα στο εργαστήριο έγινε ως εξής:

### **2.3.1.Καθαρισμός σκευών**

Για τις αναλύσεις των φυτικών δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά σκεύη από πολυαιθυλένιο ή πολυπροπυλένιο. Σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται γυάλινα σκεύη για την παρασκευή προτύπων διαλυμάτων με γυαλί ανώτερης ποιότητας. Τα διαλύματα στις γυάλινες φιάλες παραμένουν για χρονικό διάστημα μικρότερο του ενός μήνα. Όλα τα σκεύη που χρησιμοποιούνται στις αναλύσεις καθαρίζονται με μεγάλη επιμέλεια με τη χρήση πυκνών οξέων, όπως θειικό και χρωμοθειικό (με ισχυρή οξειδωτική και διαβρωτική δράση) και στη συνέχεια ξεπλένονται με αποσταγμένο νερό.

### **2.3.2.Παρασκευή διαλύματος χρωμοθειικού οξέος**

Σε 100 ml αποσταγμένου νερού διαλύονται 15 g  $K_2Cr_2O_7$ . Στο διάλυμα αυτό προστίθεται με συνεχή ανάδευση διπλάσιος όγκος πυκνού θειικού οξέος (του εμπορίου). Το διάλυμα διατηρείται σε καλά πωματισμένη φιάλη.

### **2.3.3.Τρόπος καθαρισμού των σκευών**

Σε κάθε σκεύος προστίθεται με προσοχή μικρή ποσότητα χρωμοθειικού οξέος. Κατόπιν το οξύ απομακρύνεται και το σκεύος πλένεται με διάλυμα απορρυπαντικού και ξεπλένονται με αποσταγμένο νερό.

Όλα τα σκεύη τα οποία χρησιμοποιούνται για ανάλυση των ιχνοστοιχείων δεν πρέπει να έχουν μεταλλικές επιφάνειες. Κυρίως χρησιμοποιούνται γουδιά από πορσελάνη, πλαστικά κόσκινα, πυριαντήρια με ανοξειδωτή επένδυση και μύλοι άλεσης με πλαστικά δοχεία και σφαιρίδια από κορούνδιο, λαβίδες ανοξειδωτές ή πλαστικές.

### **2.3.4.Προετοιμασία των φυτικών δειγμάτων για ανάλυση**

Διακρίνονται τα εξής στάδια

- Πλύσιμο δειγμάτων
- Ξήρανση δειγμάτων



- Άλεση δειγμάτων
- Διατήρηση δειγμάτων

### **2.3.5.Πλύσιμο των δειγμάτων**

Το πλύσιμο πραγματοποιείται σε δύο φάσεις μέσα σε πλαστικά δοχεία από πολυαιθυλένιο ή πολυπροπυλένιο. Στην πρώτη φάση, τα δοχεία γεμίζουν με 0,1 N HCL μαζί με 0,1% υποκατάστατο σαπουνιού. Το πλύσιμο γίνεται με μικρή ένταση και διάρκεια μικρότερη από 30 λεπτά, για να μην υπάρχουν απώλειες θρεπτικών στοιχείων. Στη συνέχεια τα φυτά ξεπλένονται καλά με αποσταγμένο νερό. Τέλος, τα φυτά τοποθετούνται σε πλαστικό κόσκινο, ώστε να στραγγίσουν.

### **2.3.6.Ξήρανση**

Τα φυτά απλώνονται για δύο ώρες σε διηθητικό χαρτί για να στεγνώσουν. Κατόπιν, τοποθετούνται σε χάρτινες σακούλες και ξηραίνονται σε πυριαντήριο σε ρεύμα αέρα στους 70°C για 15 λεπτά. Καλή ξήρανση των φύλλων έχει επιτευχθεί όταν αυτά τρίβονται

### **2.3.7.Διαχωρισμός δειγμάτων**

Τα δείγματα μετά την ξήρανση τους διαχωρίζονται σε υπόγειο μέρος-ρίζα και υπέργειο μέρος.

### **2.3.8.Άλεση**

Η άλεση των φυτών πραγματοποιήθηκε με το χέρι με την βοήθεια ψαλιδιού. Το ψαλίδι που χρησιμοποιήθηκε ήταν από ανοξείδωτο υλικό.

### **2.3.9.Διατήρηση δειγμάτων**

Τα φυτικά δείγματα μετά την άλεσή τους τοποθετούνται μέσα σε πλαστικά δοχεία, τα οποία αφού παραμείνουν κλειστά μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και έξι μήνες για τις αναλύσεις όλων των στοιχείων. Τα πλαστικά δοχεία με τα αλεσμένα δείγματα διατηρούνται σε ξηρό χώρο.

### 2.3.10.Εκχύλιση – πέψη φυτικών δειγμάτων

#### Όργανα-Αντιδραστήρια

- Πυρίμαχος φούρνος
- Θερμαινόμενη πλάκα
- Απαγωγός
- Ογκομετρικές φιάλες των 25 και 50 ml
- Διηθητικό χαρτί Whatmann No 42 και χωνιά διήθησης
- Χωνευτήρια πορσελάνης διαμέτρου 35 mm
- Διάλυμα HCl συγκέντρωσης 12,07 M και πυκνότητας  $\rho=1,19$  g mL<sup>-1</sup>

### 2.3.11.Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των φωσφορικών ιόντων με τη μέθοδο της ξηρής καύσης(Dry Ashing Procedure)

#### 2.3.11.1.Αρχή μεθόδου

Η αρχή της μεθόδου στηρίζεται στην αποτέφρωση του αλεσμένου φυτικού δείγματος στον πυρίμαχο φούρνο στους 520°C για 24 ώρες, μέσα σε χωνευτήρι από πορσελάνη. Ακολουθεί προσθήκη διαλύματος HCL 2M ανάλογα με τα gr του δείγματος και διήθηση. Στο διήθημα γίνεται προσδιορισμός της συγκέντρωσης των φωσφορικών ιόντων.

#### 2.3.11.2.Μέθοδος

Μέσα σε χωνευτήριο από πορσελάνη ζυγίζεται 1 g τριμμένου δείγματος. Κατόπιν, το χωνευτήριο τοποθετείται για 12-24 ώρες στο φούρνο στους 520°C . Μετά την συμπλήρωση του χρόνου καύσης του φυτικού δείγματος (λευκή τέφρα), απομακρύνεται το χωνευτήριο από το φούρνο και προστίθεται ελάχιστο αποσταγμένο νερό για να εμποδιστεί η διαφυγή της φυτικής ύλης που βρίσκεται με τη μορφή σκόνης. Κατόπιν, το χωνευτήριο μεταφέρεται στον απαγωγό και προστίθενται 5mL διαλύματος 2N HCL. Ακολουθεί διήθηση σε ογκομετρικές φιάλες των 50 mL με ηθμό SS (N589°, 125mm ashless-blue ribbon) και ξέπλυμα κάθε χωνευτηρίου δύο φορές με αποσταγμένο νερό. Κατόπιν οι ηθμοί διπλώνονται και μεταφέρονται στα αντίστοιχα χωνευτήρια, τα οποία τοποθετούνται ξανά στο φούρνο στους 520°C για άλλες 24 ώρες. Επαναλαμβάνονται οι διαδικασίες της πρώτης καύσης (ελάχιστο

αποσταγμένο νερό, υδροχλωρικό οξύ) και ακολουθεί διήθηση με καινούργιο ηθμό στις ίδιες ογκομετρικές φιάλες ξεπλένοντας καλά τα χωνευτήρια με αποσταγμένο νερό.

Τέλος, οι ογκομετρικές φιάλες συμπληρώνονται με νερό μέχρι τη χαραγή και μεταφέρεται το περιεχόμενο τους σε πλαστικά φιαλίδια των 100 mL (από πολυαιθυλένιο ή από πολυπροπυλένιο). Το εκχύλισμα αυτό χρησιμοποιείται για όλες τις αναλύσεις.

### **2.3.12.Προσδιορισμός φωσφόρου**

#### **2.3.12.1.Μέθοδος Olsen-Φυλλοδιαγνωστική**

##### **Εξοπλισμός**

- Μηχανικός ανακινητήρας, στις 105 στροφές /λεπτό , σε θερμοκρασία 20<sup>+</sup>.5°C.
- Φασματοφωτόμετρο Shimadzu UV-120-01 με μέγιστο απορρόφησης για τον P τα 870 nm και κυψελίδες 1cm.
- Ηλεκτρονική προχοίδα
- Ειδικές πλαστικές φιάλες 250 mL με πώμα
- Ποτήρια ζέσεως 5, 50, 250, 1000, 2000mL
- Ογκομετρικές φιάλες των 50, 100, 1000 και 2000mL
- Σιφώνια 1, 5, 10 και 25mL

##### **Αντιδραστήρια**

- 2N HCL(για το τυφλό)
- NaOH (MB=40,0 gr/ml) 10 N  
(για την ρύθμιση του pH στο 5 χρειάστηκαν 2 ml από το διάλυμα 10N NaOH)
- Αντιδραστήρια A
- Αντιδραστήρια B
- Δείκτη ρ-νιτροφαινόλη
- Πρότυπο διάλυμα P των 1000 ml

#### **2.3.12.2.Προσδιορισμός ολικού P**

Για την ανάπτυξη χρώματος : Το μολυβδαινικό-φωσφορικό σύμπλοκο δημιουργείται πάνω σε μήτρα θειικού οξέος και ανάγεται με ασκορβικό οξύ. Σε φασματοφωτόμετρο μετράται η απορρόφηση, σε μήκος κύματος 840-888nm. Το χρώμα είναι σταθερό από 10min έως 24 h μετά τη δημιουργία του.

Ακολουθείται η διαδικασία ανάπτυξης χρώματος και η δημιουργία πρότυπης καμπύλης, που χρησιμοποιήθηκε για τα φυτικά δείγματα. με τις παρακάτω αναγκαίες τροποποιήσεις:

- Αντιδραστήριο A: 12g  $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24}4\text{H}_2\text{O}$  διαλύονται σε 250 mL απεσταγμένο νερό (θέρμανση) και 0,2908 gr  $\text{KSbO}_3 \cdot \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$  σε 100 mL αποσταγμένο νερό. Τα παραπάνω διαλύματα μεταφέρονται σε ογκομετρική φιάλη των 2000 mL που περιέχει 1000 mL διαλύματος  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5N, αναμιγνύονται καλά και προστίθενται μέχρις όγκου 2000mL. Το διάλυμα διατηρείται σε σκοτεινό και ψυχρό μέρος.
- Αντιδραστήριο B : 0,528gr ασκορβικό οξύ (L(+)- Ascorbic acid) διαλύεται σε 100 mL από το αντιδραστήριο A (διατηρείται μόνο για 24 h).
- Δείκτης ρ-νιτροφαινόλη : Σε 100mL αποσταγμένο νερό διαλύονται 0,25 gr νιτροφαινόλη.
- Η ανάπτυξη του χρώματος για τα φυτικά δείγματα γίνεται σε ογκομετρικές φιάλες των 25 mL, χρησιμοποιώντας 5 mL από το φυτικό εκχύλισμα μετά από τις απαραίτητες αραιώσεις και 4 mL από το αντιδραστήριο B. Οι αραιώσεις είναι αναγκαίες για να είναι εφαρμόσιμη η φώσφορο-μολυβδαίνικη μέθοδος, που έχει συγκεκριμένο εύρος μέτρησης. Έτσι 1 mL από το αρχικό φυτικό εκχύλισμα μεταφέρεται σε ογκομετρική των 25 mL και αραιώνεται μέχρι όγκου. Από το αραιωμένο φυτικό εκχύλισμα λαμβάνονται 5 mL και χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη του χρώματος και τον προσδιορισμό του ολικού P.
- Το τυφλό διάλυμα δημιουργείται από τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται για την εκχύλιση των φυτικών δειγμάτων. Δηλαδή με 2 N HCL σε ογκομετρική των 25 mL.
- Η ρύθμιση του pH στην τιμή 5, για τα φυτικά δείγματα και για τα πρότυπα διαλύματα, γίνεται με προσθήκη 100 mL NaOH διαλύματος 5N NaOH σε ογκομετρική των 500 mL.

### 2.3.12.3. Παρασκευή διαλύματος NaOH

Διάλυμα NaOH, 1 mol/L: 40(+0,4) gr NaOH διαλύονται σε 800 mL αποσταγμένου νερού και συμπληρώνονται μέχρι 1000 mL. Φυλάγεται σε μπουκάλι από πολυαιθυλένιο.

### 2.3.12.4. Για την πρότυπη καμπύλη:

- Stock διάλυμα P (1mgP/mL): Ζυγίζονται 1,099gr  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (105°C, 1 h), διαλύονται σε 250 mL αποσταγμένο νερό και στη συνέχεια προστίθεται 2mL πυκνό  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- Πρότυπο διάλυμα P (1μgP/mL): Παρασκευάζεται με αραιώση 100mL από το Stock διάλυμα (1mgP/mL) μέχρις όγκου 1000 mL.

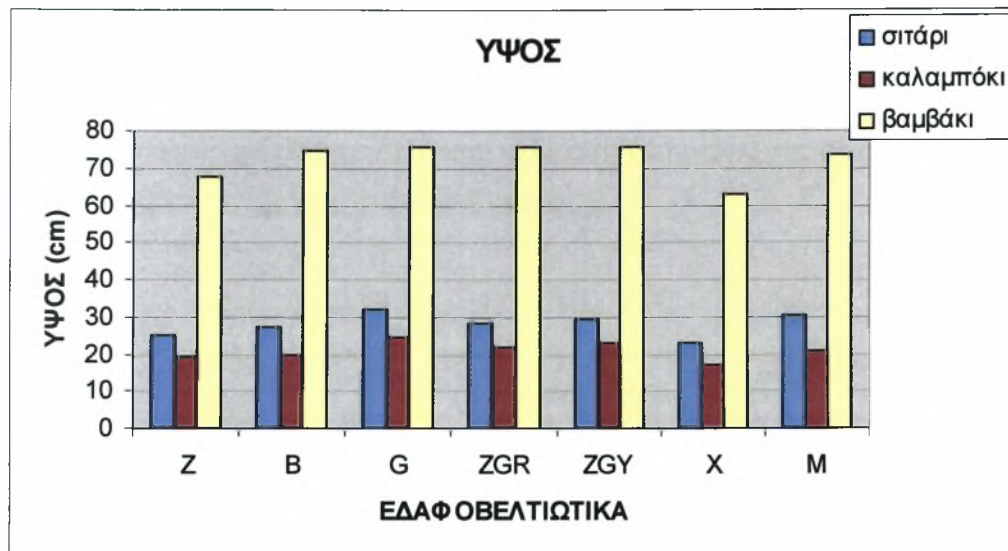
### 2.3.12.5. Ανάπτυξη χρώματος-Πρότυπη καμπύλη

- Λαμβάνεται δείγμα 10 ml από το τυφλό διάλυμα, το οποίο είναι το 2N HCL. Στη συνέχεια προσθέτουμε 5 σταγόνες από τον δείκτη 0,25% ρ-νιτροφαινόλη. Προσδιορίζεται το pH και στη συνέχεια ρυθμίζεται στην τιμή 5 (όπου συμβαίνει ο αποχρωματισμός) με την προσθήκη 2 ml από το διάλυμα NaOH(10 N).
- Σε ογκομετρικές φιάλες των 25 ml μεταφέρονται 5 ml από το φυτικό εκχύλισμα και προστίθενται με ηλεκτρονική προχοίδα ποσότητα 1 ml 10N NaOH, ίση με αυτή που χρησιμοποιήθηκε για τον αποχρωματισμό του τυφλού διαλύματος και ελάχιστο απιονισμένο νερό.
- Ταυτόχρονα, σε 6 ογκομετρικές φιάλες των 50 ml τοποθετούνται 10mL από το τυφλό διάλυμα και η ίδια ποσότητα 10N NaOH, όπως παραπάνω. Επίσης, σε κάθε φιάλη τοποθετούνται αντίστοιχα 0, 5, 10, 15, 20 και 30mL από το πρότυπο διάλυμα ( 1 μgr P/mL). Έτσι, δημιουργήθηκαν πρότυπα διαλύματα που έχουν συγκέντρωση 0ppm, 0,1ppm, 0,2ppm, 0,3ppm, 0,4ppm και 0,6ppm P, αντίστοιχα.
- Μετά από 1 h, μετράται η απορρόφηση στα 870 nm, με κυψελίδα 1 cm. Πρώτα μετράται η απορρόφηση των 6 προτύπων διαλυμάτων για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης : το όργανο μηδενίζεται με το τυφλό πρότυπο ( 0 mL πρότυπου διαλύματος P) και στη συνέχεια μετριοούνται τα υπόλοιπα 5 με τη σειρά περιεκτικότητας σε πρότυπο διάλυμα P . Στη συνέχεια ακολουθεί η μέτρηση της απορρόφησης στα φυτικά εκχυλίσματα.
- Κατασκευάζεται η πρότυπη καμπύλη με την περιεκτικότητα σε P των 6 πρότυπων διαλυμάτων στον άξονα των X και την αντίστοιχη απορρόφηση στον άξονα των Y. Με βάση την εξίσωση που προκύπτει οι τιμές της απορρόφησης των φυτικών εκχυλισμάτων μετατρέπονται στις αντίστοιχες συγκεντρώσεις διαθέσιμου P.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

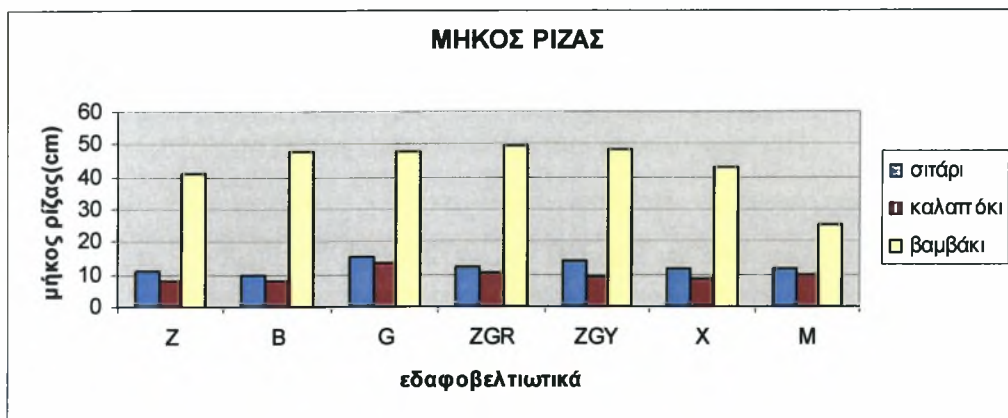
### 3.1.ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΣΤΑ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ



Γράφημα 3.1. Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στο ύψος των φυτών σιτάρι καλαμπόκι , βαμβάκι.

Όπως φαίνεται από το γράφημα 3.1, όλα τα εδαφοβελτιωτικά που χρησιμοποιήθηκαν είχαν πολύ καλή επίδραση στο ύψος του φυτού βαμβάκι ενώ είχαν πολύ μικρότερη επίδραση στο ύψος των φυτών σιτάρι και καλαμπόκι.

Ο γκαιτίτης φαίνεται να έχει την καλύτερη επίδραση στο ύψος όλων των φυτών με τον ZGY ,ZGR,B και Z να ακολουθούν.



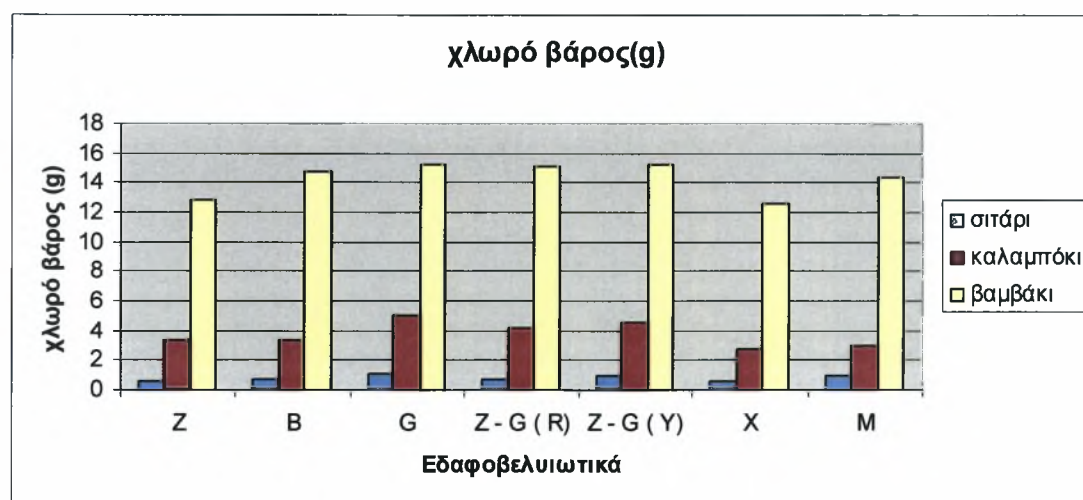
Γράφημα 3.2. Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στο μήκος της ρίζας των φυτών σιτάρι καλαμπόκι , βαμβάκι.

Όπως φαίνεται από το γράφημα 3.2, όλα τα εδαφοβελτιωτικά που χρησιμοποιήθηκαν είχαν πολύ καλή επίδραση στο μήκος της ρίζας του φυτού βαμβάκι ενώ είχαν πολύ μικρότερη επίδραση στο μήκος της ρίζας των φυτών σιτάρι και καλαμπόκι.

Το σύστημα ZGR φαίνεται να έχει την καλύτερη επίδραση στο μήκος της ρίζας του φυτού βαμβάκι με τον ZGY ,G,B και Z να ακολουθούν.

Το σύστημα ZGY και G φαίνεται να έχει την καλύτερη επίδραση στο μήκος της ρίζας του φυτού σιτάρι με τον ZGR , Z , και B να ακολουθούν.

Ο G φαίνεται να έχει την καλύτερη επίδραση στο μήκος της ρίζας του φυτού καλαμπόκι με τον ZGR , ZGY ,Z , και B να ακολουθούν



Γράφημα 3.3. Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στο χλωρό βάρος των φυτών σιτάρι καλαμπόκι , βαμβάκι.

Όπως φαίνεται από το γράφημα 3.3, όλα τα εδαφοβελτιωτικά που χρησιμοποιήθηκαν είχαν πολύ καλή επίδραση στο χλωρό βάρος του φυτού βαμβάκι ενώ είχαν πολύ μικρότερη επίδραση στο χλωρό βάρος των φυτών σιτάρι και καλαμπόκι.

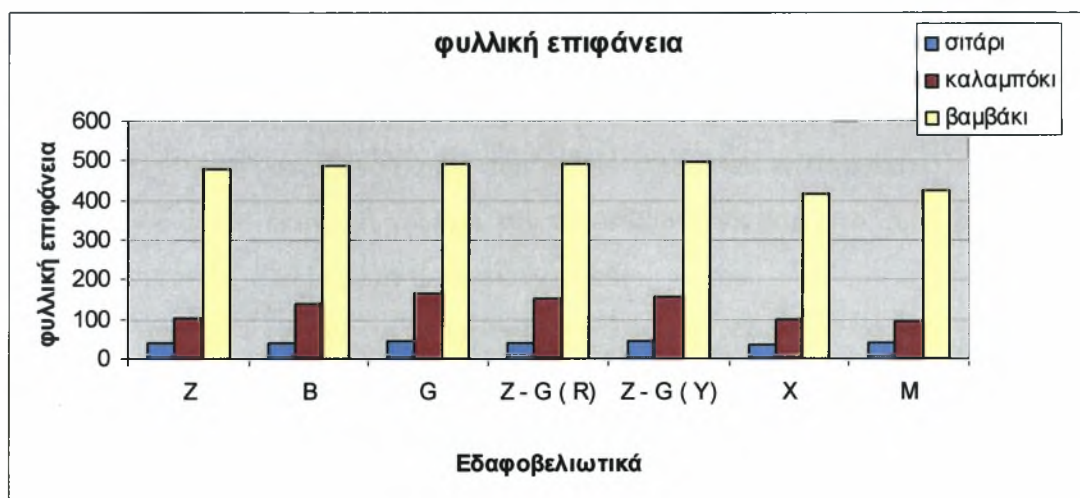
Ο G και τα συστήματα ZGY και ZGR φαίνεται να έχουν την καλύτερη επίδραση στο χλωρό βάρος του φυτού βαμβάκι με τον B, και Z να ακολουθούν.

Το σύστημα ZGY και G φαίνεται να έχουν την καλύτερη επίδραση στο χλωρό βάρος του φυτού σιτάρι με τον ZGR, B, και Z να ακολουθούν.

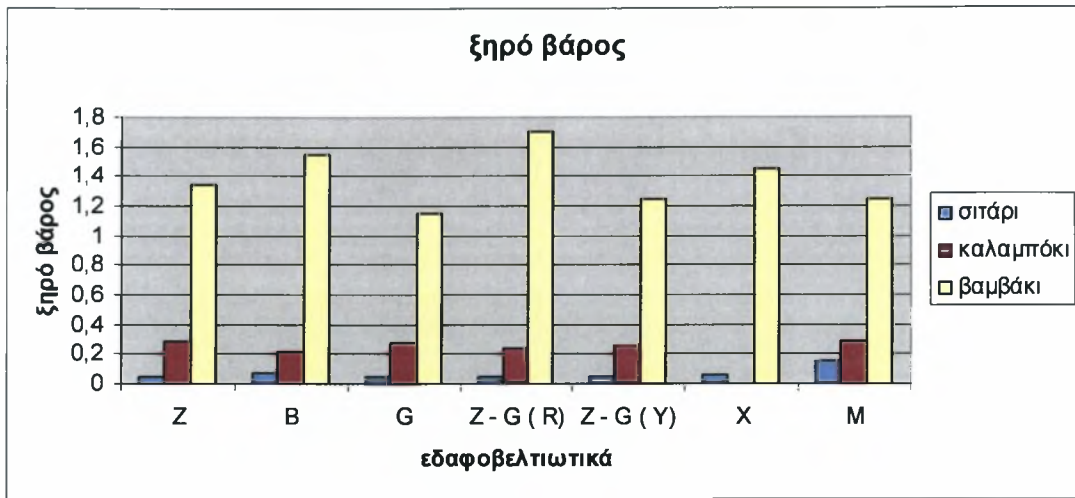
Ο G φαίνεται να έχει την καλύτερη επίδραση στο μήκος της ρίζας του φυτού καλαμπόκι με τον ZGY , ZGR ,B και Z να ακολουθούν.

Όπως φαίνεται από το γράφημα 3.4, όλα τα εδαφοβελτιωτικά που χρησιμοποιήθηκαν είχαν πολύ καλή επίδραση στη φυλλική επιφάνεια του φυτού βαμβάκι ενώ είχαν πολύ μικρότερη επίδραση στη φυλλική επιφάνεια των φυτών σιτάρι και καλαμπόκι.

Τα συστήματα ZGY και ZGR και ο G φαίνεται να έχουν την καλύτερη επίδραση στην φυλλική επιφάνεια των φυτών σιτάρι, καλαμπόκι και βαμβάκι με τον B, και Z να ακολουθούν.



Γράφημα 3.4. Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στη φυλλική επιφάνεια των φυτών σιτάρι, καλαμπόκι, βαμβάκι.



Γράφημα 3.5. Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στο ξηρό βάρος των φυτών σιτάρι, καλαμπόκι, βαμβάκι.

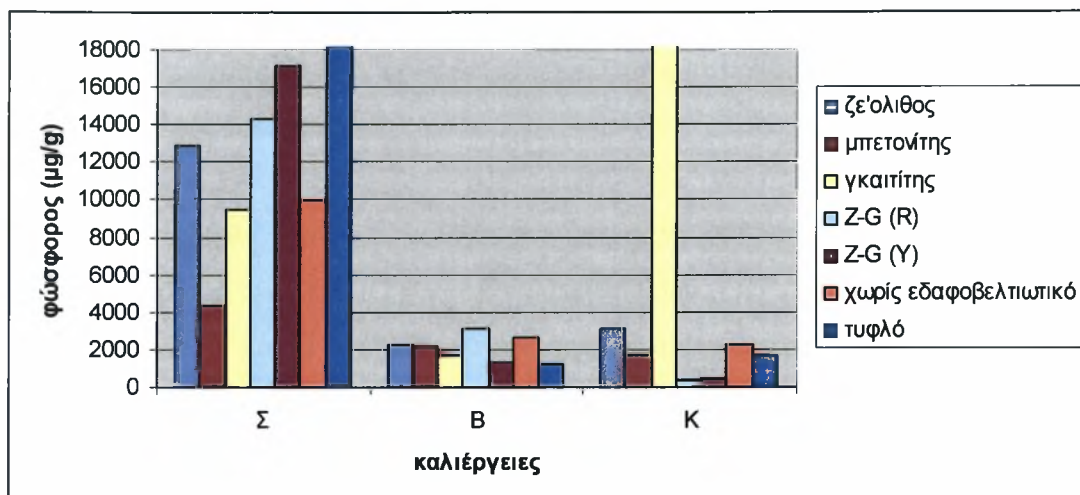
Όπως φαίνεται από το γράφημα 3.5, όλα τα εδαφοβελτιωτικά που χρησιμοποιήθηκαν είχαν πολύ καλή επίδραση στο ξηρό βάρος των φυτών του φυτού βαμβάκι ενώ είχαν πολύ μικρότερη επίδραση στο ξηρό βάρος των φυτών σιτάρι και καλαμπόκι.

Τα σύστημα ZGR φαίνεται να έχει την καλύτερη επίδραση στο ξηρό βάρος του φυτού βαμβάκι με τον B, Z, ZGY και G να ακολουθούν.

Ο Z, G, και ZGY φαίνεται να έχουν την καλύτερη επίδραση στο ξηρό βάρος του φυτού σιτάρι με τον ZGR και B, να ακολουθούν.

Ο B φαίνεται να έχει την καλύτερη επίδραση στο ξηρό βάρος του φυτού καλαμπόκι με τον ZGY, ZGR, G και Z να ακολουθούν.

### 3.2. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΤΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΥΠΕΡΓΕΙΟ ΤΜΗΜΑ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΙΤΑΡΙ, ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΚΑΙ ΒΑΜΒΑΚΙ



Γράφημα 3.6. Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στην προσρόφηση του φώσφορου από το υπέργειο τμήμα των φυτών σιτάρι, καλαμπόκι και βαμβάκι.

Όπως φαίνεται από το γράφημα 6 ο μπετονίτης περιορίζει την προσρόφηση του φώσφορου από το σιτάρι σε σύγκριση με τα υπόλοιπα εδαφοβελτιωτικά, ακολουθεί ο γκαιτίτης, ζεόλιθος και τα συστήματα ZGR και ZGY.

Το σύστημα ZGY, περιορίζει την προσρόφηση του φώσφορου από το βαμβάκι σε σύγκριση με τα υπόλοιπα εδαφοβελτιωτικά, ακολουθεί, γκαιτίτης, ο μπετονίτης, ο ζεόλιθος, και το σύστημα ZGR. Τα συστήματα ZGR, ZGY, περιορίζει την προσρόφηση του φώσφορου από το καλαμπόκι σε σύγκριση με τα υπόλοιπα εδαφοβελτιωτικά, ακολουθεί, ο μπετονίτης, ο ζεόλιθος, και ο γκαιτίτης..



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως φαίνεται από το γράφημα 1, όλα τα εδαφοβελτιωτικά που χρησιμοποιήθηκαν είχαν πολύ καλή επίδραση στο ύψος του φυτού βαμβάκι ενώ είχαν πολύ μικρότερη επίδραση στο ύψος των φυτών σιτάρι και καλαμπόκι.

Ο γκαιτίτης φαίνεται να έχει την καλύτερη επίδραση στο ύψος όλων των φυτών με τον ZGY ,ZGR,B και Z να ακολουθούν.

Το σύστημα ZGR φαίνεται να έχει την καλύτερη επίδραση στο μήκος της ρίζας του φυτού βαμβάκι με τον ZGY ,G,B και Z να ακολουθούν.

Το σύστημα ZGY και G φαίνεται να έχει την καλύτερη επίδραση στο μήκος της ρίζας του φυτού σιτάρι με τον ZGR , Z , και B να ακολουθούν.

Ο G φαίνεται να έχει την καλύτερη επίδραση στο μήκος της ρίζας του φυτού καλαμπόκι με τον ZGR , ZGY ,Z , και B να ακολουθούν

Ο G και τα συστήματα ZGY και ZGR φαίνεται να έχουν την καλύτερη επίδραση στο χλωρό βάρος όλων των φυτών με τον B, και Z να ακολουθούν.

Τα συστήματα ZGY και ZGR και ο G φαίνεται να έχουν την καλύτερη επίδραση στην φυλλική επιφάνεια των φυτών σιτάρι, καλαμπόκι και βαμβάκι με τον B, και Z να ακολουθούν.

Τα σύστημα ZGR φαίνεται να έχει την καλύτερη επίδραση στο ξηρό βάρος του φυτού βαμβάκι με τον B, Z, ZGY και G να ακολουθούν.

Ο Z, G ,και ZGY φαίνεται να έχουν την καλύτερη επίδραση στο ξηρό βάρος του φυτού σιτάρι με τον ZGR και B, να ακολουθούν.

Ο B φαίνεται να έχει την καλύτερη επίδραση στο ξηρό βάρος του φυτού καλαμπόκι με τον ZGY , ZGR , G και Z να ακολουθούν

Ο μπετονίτης περιορίζει την προσρόφηση του φώσφορου από το σιτάρι σε σύγκριση με τα υπόλοιπα εδαφοβελτιωτικά , ακολουθεί ο γκαιτίτης, ζεόλιθος και τα συστήματα ZGR και ZGY.

Το σύστημα ZGY. περιορίζει την προσρόφηση του φώσφορου από το βαμβάκι σε σύγκριση με τα υπόλοιπα εδαφοβελτιωτικά , ακολουθεί, γκαιίτης, ο μπετονίτης , ο ζεόλιθος και το σύστημα ZGR.

Τα συστήματα ZGR ,ZGY. περιορίζει την προσρόφηση του φώσφορου από το καλαμπόκι σε σύγκριση με τα υπόλοιπα εδαφοβελτιωτικά , ακολουθεί, , ο μπετονίτης , ο ζεόλιθος, και ο γκαιίτης.

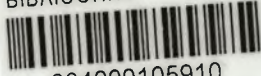
## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Α. Δημήρκου, Π. Παπαδόπουλος, 1989. "Η κινητική της απελευθέρωσης του φωσφόρου σε δύο αντιπροσωπευτικούς τύπους Ελληνικών εδαφών", Πρακτικά 1ου Συνεδρίου Χημείας Κύπρου και Ελλάδας. Τόμος Ι, σελ. 439-445.
2. Α. Δημήρκου-Ιωάννου, Α. Ιωάννου, Π. Παπαδόπουλος, Μ. Ντούλα. 1992. "Μελέτη της κινητικής της εκρόφησης του φωσφόρου από ελληνικά εδάφη, τύπου Alfisol.1.Typic Rodoxeralf". Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Συνεδρίου Χημείας Ελλάδος-Κύπρου, σελ. 411-417. Λευκωσία, 30 Σεπτ.- 4 Οκτ. 1992.
3. Α. Δημήρκου-Ιωάννου, Α. Ιωάννου, Π. Παπαδόπουλος, Μ. Ντούλα 1992."Μελέτη της κινητικής της εκρόφησης του φωσφόρου από ελληνικά εδάφη, τύπου Alfisol. 1. Aquic Harloxeralf". Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Συνεδρίου Χημείας Ελλάδος-Κύπρου, σελ. 418-422. Λευκωσία, 30 Σεπτ.- 4 Οκτ. 1992.
4. Α. Δημήρκου, Α. Ιωάννου, Μ. Ντούλα, Χ. Δεληγιάννη, 1994. "Μελέτη της προσρόφησης και εκρόφησης του φωσφόρου από βασικές κατηγορίες ελληνικών εδαφών" Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Εδαφολογικού Συνεδρίου, σελ 856-874, Ξάνθη 25-27 Μαΐου.
5. Α. Δημήρκου, Α. Ιωάννου, Ε. Λουκάκης 1994."Ισόθερμες προσρόφησης φωσφόρου από τον ασβεστωμένο μπεντονίτη". 4<sup>ο</sup> Συνέδριο Χημείας Ελλάδας-Κύπρου, Ιωάννινα 8-11 Σεπτεμβρίου 1994, σελ. 331-336.
6. Κοσιάρης Γ., 1991. Τα ορυκτά των φυσικών ζεόλιθων και προστασία του περιβάλλοντος. Ξάνθη Ι.Γ.Μ.Ε. 5p.
7. Μήτσιος, Ι., 2001. Εδαφολογία. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα.
8. Μήτσιος, Ι., 2004. Γονιμότητα εδαφών. Θρεπτικά στοιχεία φυτών (μακροθρεπτικά, μικροθρεπτικά) και βαρέα μέταλλα. Μέθοδοι και Εφαρμογές. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα.
9. Ολυμπίου Μ. Χρίστου, 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλη, Αθήνα, 675-677.
10. California Earth Minerals Corp., 2003. California Earth Minerals, [www.calearthminerals.com](http://www.calearthminerals.com), 4p..
11. Α. Dimirkou, Ch Kallianou, Α. Ioannou.1996 "Kinetics of phosphorous desorption in Red Mediterranean Soils (Alfisol)" *Agrochimica*, Vol. XL - N. 2-3,103-113
12. Α. Ioannou, Α. Dimirkou, Ρ. Papadopoulos, G. Füleky. 1999. "Phosphate sorption – desorption of characteristic Greek soils". *Acta Agronomica Hungarica*, 47(4), 413-427.
13. Dyer A., 1984. Uses of natural zeolites. *Chemistry and Industry*, 7: 241-245.

14. Herries - Rees K., 1992. Minerals in detergents. Forever blowing bubbles. Ind. Miner., 11, 37-49.
15. Gottardi G., 1985. Natural zeolites. Chemistry and Industry, 7: 241-245.
16. Kuzvart M., 1984. Industrial Minerals and Rocks. Developments in Economic Geology. Elsevier. Amsterdam, 454 p.
17. M. Doula, A. Ioannou, A. Dimirkou. 1996. "Thermodynamics of phosphate adsorption-desorption by Alfisols, Entisols, Vertisols and Inceptisols". Comm. Soil Sci. Plant Anal. 27, 1749-1764.
18. Mitchell and Soga, 2005. Fundamentals of Soil Behavior. 3<sup>rd</sup> Ed..
19. Willis M., 2002. From the horse's mouth. Ind. Miner., 11, 34-39.
20. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%8D%CE%BB%CE%B9>
21. <http://www.isocon.gr/showprod.php?id=45>.
22. <http://www.mindat.org>.
23. <http://www.tovima.gr/default.asp?pid=2&ct=33&artId=278211&dt=12/07/2009>
24. [http://www.plantprotection.hu/modulok/gorog/wheat/growth\\_wheat.htm](http://www.plantprotection.hu/modulok/gorog/wheat/growth_wheat.htm)
25. <http://www.plantprotection.hu/modulok/gorog/maize/index.htm>
26. <http://el.wikipedia.org/wiki/Καλαμπόκι>
27. <http://el.wikipedia.org/wiki/Βαμβάκι>



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000105910