

ΓΕΩΡΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΓΓΕΙΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΓΙΑΣΟΓΛΟΥ

## ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΒΟΡΙΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

ΧΡΙΣΤΟΣ Δ. ΤΣΑΝΤΗΛΑΣ  
Γεωπόνος, M.Sc.

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Εγγείων Βελτιώσεων και  
Γεωργικής Μηχανικής του Γεωργικού Πανεπιστημίου  
Αθηνών

ΑΘΗΝΑ 1991

ΓΕΩΡΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΓΓΕΙΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΓΙΑΣΟΓΛΟΥ

ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΒΟΡΙΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

ΧΡΙΣΤΟΣ Δ. ΤΣΑΝΤΗΛΑΣ  
Γεωπόνος, M.Sc.

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Εγγείων Βελτιώσεων και  
Γεωργικής Μηχανικής του Γεωργικού Πανεπιστημίου  
Αθηνών

ΑΘΗΝΑ 1991



ΧΡΙΣΤΟΣ Δ. ΤΣΑΝΤΗΛΑΣ  
Γεωπόνος, Msc.

ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΒΟΡΙΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΠΕΝΤΑΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
ΛΕΚΤΟΡΑΣ  
ΕΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΓΙΑΣΟΓΛΟΥ (Επιβλέπων Καθηγητής)  
ΚΩΝ/ΝΟΣ ΚΟΣΜΑΣ (Μέλος Συμβ. Επιτροπής)  
ΚΩΝ/ΝΟΣ ΜΠΟΒΗΣ  
ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΑΔΗΣ  
ΚΥΡΙΑΚΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ

ΑΘΗΝΑ 1991

ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΜΟΥ



## Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

	Σελίδα
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	V
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	IIX
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	XIII
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΣΚΟΠΟΣ.....	1
2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	4
2.1.Γεωχημεία του Βορίου.....	4
2.2.Η Ισορροπία της Ανόργανης Φάσης του Βορίου σε Υδατικά Διαλύματα.....	7
2.3.Περιεκτικότητα και Μορφές Βορίου στα Εδάφη.....	9
2.4.Ο Κύκλος του Βορίου στα εδάφη.....	10
2.5.Το Βόριο στη Θρέψη των Φυτών.....	12
2.5.1.Απορρόφηση και Μεταφορά.....	12
2.5.2.Οι Λειτουργίες του Βορίου στα Φυτά.....	13
2.5.3.Οι Απαιτήσεις των Φυτών σε Βόριο.....	14
2.5.4.Τροφονενία και Τοξικότητα Βορίου στα Φυτά.....	15
2.5.4.1.Τροφονενία Βορίου.....	15
2.5.4.2.Τοξικότητα Βορίου.....	16
2.5.5.Η Λίπανση με Βόριο.....	18
2.6.Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Διαθεσιμότητα του Βορίου.....	18
2.6.1.Εδαφικό pH, Ασβέστιο και Μαγνήσιο.....	18
2.6.2.Κοκκομετρική Σύσταση.....	20
2.6.3.Περιβαλλοντολογικοί Παράγοντες.....	20
2.6.4.Αλληλεπίδραση με άλλα Θρεπτικά.....	21
2.6.4.1.Κάλιο.....	21
2.6.4.2.Άζωτο.....	22
2.6.4.3.Φωσφόρος.....	23
2.6.4.4.Ψευδάργυρος.....	23
2.7.Η συγκράτηση του Βορίου στα Εδάφη.....	24
2.7.1.Εισαγωγή-Ορολογία.....	24
2.7.2.Μηχανισμοί Συγκράτησης του Βορίου.....	26
2.7.2.1.Είσοδος του Βορίου στο Πλέγμα των Αργιλικών Ορυκτών.....	26
2.7.2.2.Προσρόφηση Μοριακού $B(OH)_3$ και Βορικών Ανιόντων.....	27
2.7.2.3.Σχηματισμός Συμπλόκων Βορίου με Οργανικές Ενώσεις.....	28
2.7.2.4.Μηχανισμός Προσρόφησης με Ανταλ- λαγή Ανιόντων.....	29
2.7.2.5.Ενσωμάτωση στη Δομή των Κρυστάλ- λων Ενώσεων $M(OH)_x$ .....	30
2.7.3.Ποσοτική Περιγραφή της Προσρόφησης του Βορίου.....	30
2.7.3.1.Η Εξίσωση του Langmuir.....	30
2.7.3.2.Η Εξίσωση του Freundlich.....	32

2.7.3.3. Η Εξίσωση BET.....	33
2.7.3.4. Η Φαινομενολογική Εξίσωση των Ke- ren et. al.....	34
2.7.3.5. Το μοντέλο Σταθερής Χωρητικότητας (Constant Capacitance Model).....	34
<b>3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>	<b>35</b>
3.1. Δείγματα.....	35
3.1.1. Εδαφικά Δείγματα.....	35
3.1.2. Δείγματα Χουμικών και Φουλβικών Οξέων.....	36
3.1.3. Δείγματα Συνθετικών Οξειδίων του Σιδήρου.....	36
3.1.4. Δείγματα Φύλλων.....	36
3.2. Μέθοδοι Αναλύσεων Εδαφικών Δειγμάτων.....	37
3.2.1. pH.....	37
3.2.2. Κοκκομετρική Σύσταση.....	37
3.2.3. Ισοδύναμο Ανθρακικό Ασβέστιο.....	37
3.2.4. Οργανική Ουσία.....	37
3.2.5. Υδατοδιαλυτοί Υδατάνθρακες.....	38
3.2.6. Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων.....	38
3.2.7. Ανταλλάξιμα Βασικά Κατιόντα.....	38
3.2.8. Ελεύθερα Οξείδια του Σιδήρου και Αργιλίου (Fed, A1d).....	39
3.2.9. Άμορφα Οξείδια του Σιδήρου και Αργιλίου (Feo, A1o).....	39
3.2.10. Οξυυδροξείδια του Μαγγανίου. (Mn).....	39
3.2.11. Ολική Ειδική Επιφάνεια.....	40
3.2.12. Διαλυτό σε ζέον ύδωρ Βόριο.....	40
3.2.13. Διαλυτό σε 0.05 M HCl Βόριο.....	41
3.2.14. Κλασμάτωση Εδαφικού Βορίου.....	41
3.2.15. Εκχύλιση και καθαρισμός Χουμικών (HA) Φουλβικών (FA) Οξέων.....	42
3.2.16. Στοιχειακή Ανάλυση των HA, FA.....	43
3.2.17. Ενεργές Ομάδες των HA, FA.....	43
3.2.17.1. Ολική Οξύτητα.....	43
3.2.17.2. Καρβοξυλικές Ομάδες.....	43
3.2.17.3. Φαινολικές Υδροξυλομάδες.....	43α
3.2.18. Ολική Ανάλυση της Τέφρας των HA, FA.....	43α
3.2.19. Φάσματα Υπέυθρης Ακτινιβολίας των HA, FA..	43α
3.2.20. Πηλίκο E <sub>4</sub> /E <sub>6</sub> .....	43α
3.3. Πειράματα Προσρόφησης Βορίου.....	44
3.3.1. Προσρόφηση Β σε Εδαφικά Δείγματα.....	44
3.3.2. Πειράματα Προσρόφησης σε Συνθετικά Οξει- δια Fe.....	44
3.4. Στατιστική Επεξεργασία Δεδομένων.....	44
<b>4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>45</b>
4.1. Ταξινόμηση και ιδιότητες των μελετηθέντων εδαφών..	45
4.2. Περιεκτικότητα Βορίου των μητρικών πετρωμάτων και των αντίστοιχων εδαφών.....	45
4.3. Μορφές Βορίου των εδαφών και διαθεσιμότητα αυτών στα φυτά.....	50
4.3.1. Σύγκριση HwsB και HCl-B.....	62
4.4. Κλασμάτωση εδαφικού Βορίου.....	64
4.4.1. Διαθεσιμότητα κλασμάτων εδαφικού Βορίου.....	68

4.5.Σχέσεις μορφών Βορίου και εδαφικών ιδιοτήτων.....	73
4.5.1.Σχέση HwsB και εδαφικών ιδιοτήτων .....	73
4.5.1.1.Σχέση HwsB και εδαφικών παραμέτρων σε διάφορες περιοχές pH.....	74
4.5.1.2.Σχέση του HwsB με τις εδαφικές παραμέτρους σε διάφορα εδαφοκλιματικά περιβάλλοντα.	76
4.5.1.3.Σχέση του HwsB με τα κλάσματα εδαφικού Βορίου.....	83
4.5.2.Σχέσεις κλασμάτων εδαφικού Βορίου και εδαφικών ιδιοτήτων.....	84
4.6.Η σχέση της προσρόφησης του Βορίου με τις εδαφικές παραμέτρους.....	87
4.6.1.Σχέση προσροφούμενου Βορίου και περιεκτικότητας σε άργιλλο.....	88
4.6.2.Σχέση προσροφούμενου Βορίου και pH.....	88
4.6.3.Σχέση προσροφούμενου Βορίου και οξειδίων του Fe και Al.....	91
4.6.4.Σχέση της προσρόφησης του Βορίου με τα ανταλλάξιμα κατιόντα.....	93
4.6.5.Η επίδραση της ασβέστωσης όξινων εδαφών στην προσρόφηση του Βορίου.....	95
4.6.6.Ισόθερμες προσρόφησης Βορίου.....	100
4.6.7.Η σχέση της προσρόφησης του Βορίου με την οργανική ουσία.....	107
4.6.7.1.Επίδραση της απομάκρυνσης της οργανικής ουσίας στην προσρόφηση του Βορίου.....	109
4.6.7.2.Η σχέση των χουμικών (HA) και φουλβικών (FA) οξέων με το Βόριο.....	112
4.7.Η Προσρόφηση του Βορίου σε Συνθετικούς Γκαιοίτες και Αιματίτες.....	129
4.7.1.Σχέση της Προσρόφησης του Βορίου με τις Ιδιότητες των Γκαιοιτών.....	130
4.7.2.Σχέση της Προσρόφησης του Βορίου με τις Ιδιότητες των Αιματιτών.....	139
4.7.3.Η Επίδραση του pH στην Προσρόφηση του Βορίου από Γκαιοίτες και Αιματίτες.....	144α
4.7.4.Ισόθερμοι Προσρόφησης Βορίου σε Γκαιοίτες και Αιματίτες.....	148
4.7.5.Υπέρυθρη Ανάλυση των Οξειδίων του Fe χωρίς Βόριο και με Βόριο.....	154
 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	 160
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	164
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	175

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.

	Σελίδα
1. Συνήθη Ορυκτά που Περιέχουν Βόριο.....	5
2. Περιεκτικότητα σε Βόριο Διαφόρων Πειρωμάτων.....	6
3. Απαιτήσεις σε Βόριο των Συνήθων Καλλιεργειών.....	15
4. Επίπεδα Έλλειψης,Επάρκειας και Τοξικότητας Βορίου στα Φυτά. ....	17
5. Τα συνήθη Λιπάσματα Βορίου,ο Χημικός τους Τύπος και το Ποσοστό τους σε Βόριο.....	19
6. Ταξινόμηση Μελετηθέντων Εδαφών.....	47
7. Ιδιότητες Μελετηθέντων Εδαφών Περιοχής Μυτιλήνης.....	177
8. Ιδιότητες Μελετηθέντων Εδαφών Περιοχής Δομοκού.....	179
9. Ιδιότητες Μελετηθέντων Εδαφών Περιοχής Μεγάρων.....	180
10.Ιδιότητες Μελετηθέντων Εδαφών Περιοχής Νεοχωρίου.....	181
11.Ιδιότητες Μελετηθέντων Εδαφών Περιοχής Αγρινίου.....	182
12.Ιδιότητες Μελετηθέντων Εδαφών Περιοχής Ηπείρου.....	184
12α.Κλασμάτωση Εδαφικού Βορίου.....	186
13. Περιεκτικότητα σε Βόριο Μητρικών Περωμάτων και Εδαφών που Αναπτύχθηκαν πάνω σ'αυτά .....	48
14. Εδαφικά Tests Χρησιμοποιούμενα για τον Προσδιορισμό του Διαθέσιμου Εδαφικού Βορίου.....	51
15. Βόριο Εκχυλιζόμενο με Διάφορα Εκχυλιστικά και Περιεκτικότητα σε Βόριο των Φύλλων Ελαιοδένδρων που Καλλιεργούνται στα Αντίστοιχα Εδάφη.....	188
16. Βόριο Εκχυλιζόμενο με Διάφορα Εκχυλιστικά και Περιεκτικότητα σε Βόριο των Φύλλων Κριθής που Καλλιεργήθηκε στα Αντίστοιχα Εδάφη.....	189
17. Συσχέτιση Μεταξύ Βορίου Εδαφών Εκχυλιζόμενου με Διάφορα Εκχυλιστικά και Βορίου Φύλλων Καλλιεργειών που Αναπτύχθηκαν σ'αυτά.....	53
17α.Μορφές Εδαφικού Βορίου 50 Εδαφών από Διάφορες Περιοχές.....	190
18. Κλάσματα Εδαφικού Βορίου και Βορίου Φύλλων Ελιάς που	

Καλλιεργούνται στα Αντίστοιχα Εδάφη.....	192
19. Κλάσματα Εδαφικού Βορίου και Βορίου φύλλων Κριθής	193
20. Διαθεσιμότητα Κλασμάτων Εδαφικού Βορίου.....	68
21. Σχέση HwsB με τις Εδαφικές Παραμέτρους σε Διάφορες Περιοχές pH.....	75
22. Σχέση του HwsB με τις Εδαφικές Παραμέτρους σε Διαφορετικά Εδαφοκλιματικά Περιβάλλοντα.....	77
23. Συντελεστές Συσχέτισης (r) κλασμάτων Εδαφικού Βορίου και Εδαφικών Παραμέτρων.....	85
24. Σχέση Κλασμάτων Εδαφικού Βορίου και Εδαφικών Παραμέτρων σε Διάφορα Εδαφοκλιματικά Περιβάλλοντα.....	86
25. Προσροφούμενο Βόριο και Ιδιότητες Εδαφών.....	194
26. Παράμετροι Freundlich και Ιδιότητες Εδαφών.....	196
26α. Παράμετροι Freundlich και Ιδιότητες Εδαφών.....	197
27. Επίδραση του pH στην Προσρόφηση του Βορίου.....	198
28. Σχέση Προσροφούμενου Βορίου και Εδαφικών Παραμέτρων	89
29. Σχέση Προσροφούμενου Βορίου και Εδαφικών Παραμέτρων σε Διάφορα pH.....	92
30. Επίδραση της Ασβέστωσης των Εδαφών στην Προσρόφηση του Βορίου.....	199
31. Επίδραση της Οργανικής Ουσίας στην Προσρόφηση του Βορίου.....	200
32. Δεδομένα Προσρόφησης Βορίου.....	201
33. Προσαρμογή Δεδομένων Προσρόφησης στα Μοντέλα Freundlich και Langmuir.....	101
34. Απλοί Συντελεστές Συσχέτισης και Εξισώσεις Παλινδρόμησης Μεταξύ Παραμέτρων Freundlich και Langmuir και Εδαφικών Ιδιοτήτων.....	106
35. Ιδιότητες Εδαφών απ'τα οποία Εκκυλίσθησαν τα HA,FA.	113
36. Ολική Οξύτητα, Καρβοξυλικές και Φαινολικές Ομάδες των Χουμικών και Φουλβικών Οξέων.....	115
37. Στοιχειακή Ανάλυση των Χουμικών και Φουλβικών Οξέων	115
38. Στοιχειακή Ανάλυση Τέφρας Χουμικών και Φουλβικών	

Οξέων.....	115
39. Ζώνες Απορροφήσεως, Τύποι και Ομάδες Δονήσεων των Χουμικών και Φουλβικών Οξέων.....	117
40. Προσρόφηση Βορίου από Χουμικά Οξέα σε Σχέση με το pH	126
41. Προσροφούμενο Βόριο και Ιδιότητες Συνθετικών Αιματιτών.....	131
42. Προσροφούμενο Βόριο και Ιδιότητες Συνθετικών Γκαιοιτιτών.....	132
43. Ισόθερμες Προσρόφησης Βορίου σε Γκαιοίτες.....	204
44. Ισόθερμες Προσρόφησης Βορίου σε Αιματίτες.....	199
45. Σχέσεις Προσρόφησης Βορίου και Ιδιοτήτων των Γκαιοιτιτών.....	133
46. Σχέσεις Προσρόφησης Βορίου και Ιδιοτήτων των Αιματιτών	140
47. Συντελεστές Συσχέτισης Ιδιοτήτων Συνθετικών Γκαιοιτιτών	143
48. Συντελεστές Συσχέτισης Ιδιοτήτων Συνθετικών Αιματιτών	144
49. Η Επίδραση του pH στην Προσρόφηση του Βορίου σε Γκαιοίτες και Αιματίτες.....	206
50. Σχέσεις pH και προσροφούμενου Βορίου σε γκαιοίτες και αιματίτες.....	144α
51. Προσαρμογή Δεδομένων Προσρόφησης Βορίου σε Γκαιοίτες και Αιματίτες στο Μοντέλο του Freundlich.....	153
52. Προσαρμογή Δεδομένων Προσρόφησης Βορίου σε Γκαιοίτες και Αιματίτες στις Εξισώσεις Langmuir και παραβολικής	153

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ-ΣΧΗΜΑΤΩΝ

	Σελίδα
1. Ο Κύκλος του Βορίου (B) σε υγρές περιοχές.	11
2. Περιεκτικότητα σε Βόριο των Μητρικών Πετρωμάτων και των αντίστοιχων εδαφών που αναπτύχθηκαν πάνω σ'αυτά.	49
3. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και Βορίου Φύλλων ελιάς.	54
4. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με οξαλικό αμμώνιο (Amox-B) και Βορίου Φύλλων ελιάς.	54
5. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με υδροχλωριούχο υδροξυλαμίνη (Mn-B) και Βορίου φύλλων ελιάς.	55
6. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με διάλυμα μαννιτόλης (Man-B) και Βορίου φύλλων ελιάς.	55
7. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και Βορίου φύλλων κριθής.	57
8. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με αραιό διάλυμα HCl (HCl-B) και Βορίου φύλλων ελιάς.	57
9. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με ψυχρό ύδωρ (CwsB) και Βορίου φύλλων κριθής.	58
10. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με αραιό διάλυμα CaCl <sub>2</sub> (CaCl <sub>2</sub> -B) και Βορίου φύλλων κριθής.	58
11. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με διάλυμα μαννιτόλης (Man-B) και Βορίου φύλλων κριθής.	59
12. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με υδροχλωριούχο υδροξυλαμίνη (Mn-B) και Βορίου φύλλων κριθής.	59
13. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με οξαλικό αμμώνιο (Amox-B) και Βορίου φύλλων κριθής.	60
14. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και Βορίου εκχυλιζόμενου με διάλυμα 0.01 N HCl (HCl-B).	63
15. Κατανομή κλασμάτων εδαφικού Βορίου.	67
16. Σχέση εδαφικού Βορίου ειδικά προσροφημένου (SaB) και Βορίου φύλλων κριθής.	69
17. Σχέση εδαφικού Βορίου συνδεόμενου με τα άμορφα sesquioxides (Feo-B) και Βορίου φύλλων κριθής.	69
18. Σχέση Βορίου εδαφικού διαλύματος (CwsB) και Βορίου συνδεόμενου με τα οξείδια του Mn (Mno-B) και Βορίου φύλλων κριθής.	70
19. Σχέση εδαφικού Βορίου συνδεόμενου με τα άμορφα sesquioxides (Feo-B) και Βορίου φύλλων ελιάς.	70
20. Σχέση Βορίου εδαφικού διαλύματος (CwsB) και Βορίου συνδεόμενου με τα οξείδια του Mn (Mno-B) και τα άμορφα sesquioxides (Feo-B) και Βορίου φύλλων ελιάς.	71
21. Σχέση Βορίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και εδαφικών παραμέτρων (OM, Mgex, Al <sub>o</sub> , Fed και Mno) (περιοχή Λέσβου).	78

22. Σχέση Βορίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και εδαφικών παραμέτρων (CEC, Mgex, Fed, και SS) (περιοχή Δομοκού).	78
23. Σχέση Βορίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και εδαφικών παραμέτρων (OM, Mgex, A1o και A1d) (περιοχή Μεγάρων Αττικής)	79
24. Σχέση Βορίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και εδαφικών παραμέτρων (OM, Kex, A1o και Mno) (περιοχή Νεοχωρίου Μεσολογγίου).	79
25. Σχέση Βορίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και εδαφικών παραμέτρων (OM, CEC, Feo, Fed και Mno) (περιοχή Ηλείου).	80
26. Σχέση Βορίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και εδαφικών παραμέτρων (pH, OM, Mgex, και A1d) (Σύνολο εδαφών χωρίς λίπανση με Βόριο)	80
27. Σχέση προσροφούμενου Βορίου και pH.	90
28, 29. Επίδραση της ασβέστωσης των εδαφών στην προσρόφηση του Βορίου.	97
30, 31. Επίδραση της ασβέστωσης των εδαφών στην προσρόφηση του Βορίου.	98
32, 33, 34. Επίδραση της ασβέστωσης των εδαφών στην προσρόφηση του Βορίου.	99
35. Ισόθερμες προσρόφησης Βορίου.	102
36. Ισόθερμες προσρόφησης Βορίου.	103
37. Ισόθερμες προσρόφησης Βορίου.	104
38. Επίδραση της οργανικής ουσίας στην προσρόφηση του Βορίου.	110
39. Επίδραση της οργανικής ουσίας στην προσρόφηση του Βορίου.	111
40. Φάσματα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) των χουμικών οξέων.	120
41. Φάσματα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) των φουλβικών οξέων.	121
42. Φάσματα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) των χουμικών οξέων μετά την επίδραση με Βόρακα.	122
43. Φάσματα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) των φουλβικών οξέων μετά την επίδραση με Βόρακα.	123
44. Φάσμα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) των χουμικού οξέος μετά την επίδραση με Βόρακα και θρόμβωση αυτού με ελάττωση του pH με διάλυμα HCl.	124
45. Φάσμα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) του Βόρακα (Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O).	125
46. Επίδραση του pH στην προσρόφηση του Βορίου στα χουμικά οξέα.	126
47. Σχέση Προσροφούμενου Βορίου και Ιδιοτήτων Γκαιοτιτών.	135
48. Σχέση Προσροφούμενου Βορίου και Ιδιοτήτων Γκαιοτιτών.	136
49. Σχέση Προσροφούμενου Βορίου και Ιδιοτήτων Γκαιοτιτών.	137
50. Σχέση Προσροφούμενου Βορίου και Ιδιοτήτων Γκαιοτιτών.	138
51. Σχέση Προσροφούμενου Βορίου και Ιδιοτήτων Αιματιτών.	141



52. Σχέση Προσροφούμενου Βορίου και Ιδιότητων Αιματιτών.	142
53. Επίδραση του pH στην Προσρόφηση του Βορίου στους Γκαιοίτες.	145
54. Επίδραση του pH στην Προσρόφηση του Βορίου στους Γκαιοίτες.	146
55. Επίδραση του pH στην Προσρόφηση του Βορίου στους Γκαιοίτες.	147
56. Ισόθερμοι Προσρόφησης Βορίου σε Γκαιοίτες.	149
57. Ισόθερμοι Προσρόφησης Βορίου σε Γκαιοίτες.	150
58. Ισόθερμοι Προσρόφησης Βορίου σε Αιματίτες.	151
59. Ισόθερμοι Προσρόφησης Βορίου σε Αιματίτες.	152
60. Φάσματα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) Γκαιοιτών στην αρχική τους κατάσταση.	156
61. Φάσματα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) Γκαιοιτών μετά την προσρόφηση Βορίου.	157
62. Φάσματα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) Αιματιτών στην αρχική τους κατάσταση.	158
63. Φάσματα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) Αιματιτών μετά την προσρόφηση Βορίου.	159

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εκφράζω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον Καθηγητή κ. Ν. Γιάσογλου, Δντή του Εργαστηρίου Γεωργικής Χημείας και Εδαφολογίας του Γεωργικού Πανεπιστημίου Αθηνών, για την ανάθεση της εκπόνησης αυτής της διατριβής καθώς και για την επιστημονική καθοδήγηση και παρακολούθηση σε όλα τα στάδια εκτέλεσής της.

Θερμά ευχαριστώ τον Δρα κ. Κ. Κοσμά, Λέκτορα του Εργαστηρίου Γεωργικής Χημείας και Εδαφολογίας, μέλος της Συμβουλευτικής Επιτροπής, για την παντός είδους πολύτιμη βοήθειά του σε όλες τις φάσεις της εκπόνησης της διατριβής. Ιδιαίτερα τον ευχαριστώ για την ευγενή παραχώρηση δειγμάτων συνθετικών οξειδίων του Fe, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν σε σημαντικό τμήμα αυτής της έρευνας.

Θερμά επίσης ευχαριστώ την κ. Χαρίκλεια Καλλιάνου, Επίκουρο Καθηγήτρια, μέλος της Συμβουλευτικής Επιτροπής, για την εξαιρετικά χρήσιμη επιστημονική βοήθειά της σε όλες τις φάσεις αυτής της εργασίας.

Ευχαριστίες εκφράζω και προς το Ινστιτούτο Χαρτογραφείας και Ταξινομήσεως Εδαφών Λάρισας, στο εργαστήριο του οποίου εκτέλεσα ένα μεγάλο μέρος των χημικών αναλύσεων που απαιτήθηκαν σ' αυτή την έρευνα.

Ακόμα θεωρώ υποχρέωσή μου να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Επίκουρο Καθηγητή κ. Π. Ασλανίδη του Χημικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, για την βοήθειά του στην λήψη των υπερύθρων φασμάτων απορρόφησης, που απαιτήθηκαν κατά την εκτέλεση της εργασίας.

Επίσης ευχαριστώ την Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας του Υπ. Βιομηχανίας, από Ερευνητικό Πρόγραμμα της οποίας στηρίχθηκε οικονομικά σημαντικό μέρος αυτής της εργασίας.

Τέλος ευχαριστώ όλους τους συναδέλφους, που με οποιονδήποτε τρόπο συνέβαλαν με τις υποδείξεις τους στην εκτέλεση και παρουσίαση αυτής της διατριβής.

## Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν τα ακόλουθα:

1) Προσδιορίσθηκαν οι μορφές Βορίου από πολλά αντιπροσωπευτικά ελληνικά εδάφη, τα οποία εμφανίζουν προβλήματα στη θρέψη των φυτών με Β σε διάφορες καλλιέργειες και ελέγχθηκε η διαθεσιμότητα αυτών στα φυτά. Βρέθηκε ότι το Βόριο που εκχυλίζεται με τα εκχυλιστικά ζέον ύδωρ (HwsB), ψυχρό ύδωρ (CwsB), αραιό διάλυμα 0.05 N HCl, ψυχρό ύδωρ (CwsB), αραιό διάλυμα 0.01 M CaCl<sub>2</sub>, αραιό διάλυμα 0.01 M μαρριτόλ, αραιό διάλυμα NH<sub>2</sub>OH.HCl και διάλυμα οξαλικού αμμωνίου, είναι σε διάφορο βαθμό διαθέσιμα στις καλλιέργειες της ελιάς και της κριθής. Το αραιό διάλυμα HCl εκχυλίζει ποσότητες Β ανάλογες με αυτές που εκχυλίζει το ζέον ύδωρ.

2) Το εδαφικό Β χωρίσθηκε σε εκχυλιζόμενα κλάσματα και μελετήθηκε η διαθεσιμότητα των κλασμάτων αυτών στα φυτά. Βρέθηκε ότι σε σημαντικό βαθμό διαθέσιμα είναι, εκτός από το Β του εδαφικού διαλύματος (CwsB), το ειδικά προσροφημένο Β στην άργιλλο και την οργανική ουσία (SaB), το Β που συγκρατείται στα άμορφα οξειδία του Fe (FeoB) και σε μικρότερο βαθμό το μη ειδικά προσροφημένο Β (NsaB) και το Β που συνδέεται με τα οξυυδροξειδία του Mn (MnoB).

3) Ερευνήθηκε η σχέση των μορφών Β με τις εδαφικές ιδιότητες σε διάφορα εδαφοκλιματικά περιβάλλοντα. Βρέθηκε ότι οι κυριότεροι παράγοντες που το ελέγχουν είναι το pH των εδαφών, η οργανική ουσία, τα κατιόντα Ca και Mg και τα οξειδία του Fe και Al.

4) Διερευνήθηκε λεπτομερώς η προσρόφηση του Β από τα εδάφη. Διαπιστώθηκε ότι οι παράγοντες που την επηρεάζουν σημαντικά είναι το pH των εδαφών, η περιεκτικότητα σε sesquioxides, η ειδική επιφάνεια και τα ανταλλάξιμα κατιόντα Ca, Mg. Η ασβέστωση των εδαφών αυξάνει σημαντικά την προσρόφηση του Β, ενώ η οργανική ουσία δεν έχει σταθερή επίδραση σ'αυτή. Το φαινόμενο της προσρόφησης περιγράφεται ικανοποιητικά από το μοντέλο του Freundlich και σε μικρότερο βαθμό από το μοντέλο του Langmuir.

5) Μελετήθηκε η σχέση του Β με τα χουμικά και φουλβικά οξέα. Βρέθηκε ότι το Β προσροφάται από τις ενώσεις αυτές μόνο σε υψηλά pH. Η υπέρυθη φασματοσκοπία δεν δίνει σαφείς ενδείξεις για το μηχανισμό των σχετικών αντιδράσεων.

6) Τέλος μελετήθηκε η σχέση του Β με τα sesquioxides σε καθαρά συστήματα συνθετικών γκαϊτιτών και αιματιτών. Βρέθηκε ότι το Β προσροφάται σε σημαντικές ποσότητες και ότι η προσρόφηση επηρεάζεται ισχυρά από το pH του περιβάλλοντος, την ειδική επιφάνεια των οξειδίων, τη διάσταση  $b$  της στοιχειώδους κυψελίδας αυτών, το μέγεθος των κρυστάλλων και την ισομορφή αντικατάσταση του Fe από το Al. Επίσης η προσρόφηση σχετίζεται με το είδος και τη θέση των ζωνών απορρόφησης των OH-ομάδων των οξειδίων. Το φαινόμενο περιγράφεται καλύτερα από παραβολική εξίσωση 2<sup>ου</sup> βαθμού και την εξίσωση του Freundlich και σε μικρότερη έκταση από το μοντέλο του Langmuir. Η υπέρυθη φασματοσκοπία δεν έδωσε ενδείξεις για τους μηχανισμούς των αντιδράσεων του Β με τις ομάδες των οξειδίων του Fe.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΣΚΟΠΟΣ

Το Βόριο (B) είναι ένα από τα απαραίτητα μικροθρεπτικά στοιχεία για την κανονική ανάπτυξη των περισσότερων φυτών. Για πρώτη φορά ανιχνεύθηκε στην τέφρα σπόρων του φυτού *Maesa rieta* το 1857 από τους Wittstein και Aroiger, αν και είναι γνωστό ότι ο βόρακας χρησιμοποιούνταν σαν λίπασμα πριν από τα μέσα του 16<sup>ου</sup> αιώνα. Ερευνητικές εργασίες αναφερόμενες στη σημασία του βορίου για τη θρέψη των φυτών άρχισαν να δημοσιεύονται από την αρχή του αιώνα. Το 1910 για πρώτη φορά δημοσιεύτηκαν στοιχεία από τον Aguilhon που έδειχναν ότι η προσθήκη βορίου σε καλλιέργειες σίτου, βρώμης και ραδικιού προκάλεσε αύξηση του ξηρού βάρους αυτών. Το 1915 ο Maze απέδειξε ότι το βόριο είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη του καλαμποκιού, ενώ ο Warington το 1923 έδειξε ότι η έλλειψη βορίου προκαλεί χαρακτηριστικά συμπτώματα σε φυτά της τάξης των Leguminosae (Berger, 1949).

Κατά τη διάρκεια του Α' Παγκοσμίου Πολέμου παρατηρήθηκε ότι σε πολλές καλλιέργειες προκαλούνταν σημαντικές ζημιές από τη χρήση αμερικανικών καλιούχων λιπασμάτων, τα οποία περιείχαν μεγάλες ποσότητες βορίου. Από το 1925-1930 δείχτηκε η σημασία του βορίου σαν απαραίτητου στοιχείου για την ανάπτυξη πολλών φυτών, όπως του βαμβακιού, της κριθής, του ψαρολιού, του λιναριού, του σιναπιού, της πατάτας και του καπνού, ενώ το 1931 ο Brandeenburg έδειξε ότι η έλλειψη βορίου προκαλεί στα σακχαρότευτλα χαρακτηριστικά συμπτώματα που προλαμβάνονται με την προσθήκη βορίου. Έκτοτε και σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, μέχρι το 1942, πάρα πολλοί

ερευνητές δημοσίευσαν ένα πολύ μεγάλο αριθμό εργασιών -περί τις 800- αναφερόμενες στο βόριο (Berger, 1949).

Η τροφοπενία βορίου είναι η πλέον διαδεδομένη στα φυτά, από όλα τα γνωστά μικροθρεπτικά. Σύμφωνα με έρευνα του FAO σε 41 χώρες ευρισκόμενες στην Ευρώπη, τη Λατινική Αμερική, την Ασία, την Αφρική και την Αυστραλία, η τροφοπενία βορίου είναι ευρύτατα διαδεδομένη. Ιδιαίτερα έντονα είναι παρόμοια προβλήματα σε χώρες όπως το Νεπάλ, οι Φιλιππίνες, η Ινδία, η Ταϊλάνδη και η Νιγηρία, ενώ προβλήματα από περίσσεια βορίου αντιμετωπίζουν χώρες όπως το Ιράκ, το Μεξικό, το Πακιστάν και η Τουρκία (Bergman, 1984). Στις 43 πολιτείες των ΗΠΑ καθώς και σχεδόν σε όλες τις επαρχίες του Καναδά η τροφοπενία βορίου είναι επίσης ευρύτατα διαδεδομένη (Gupta, 1979). Στη Βουλγαρία ένας σημαντικός αριθμός καλλιεργειών, όπως ζαχαρότευτλα, μηδική, ηλιόσπορος, βαμβάκι, καπνός, αμπέλι, παπαρούνα και λεβάντα βρέθηκε να αντιδρούν στη λίπανση με βόριο (Stoyanov, 1985). Σημαντικά προβλήματα λόγω έλλειψης βορίου υπάρχουν και στην Πολωνία για την καλλιέργεια της αμπέλου (Instytutu Hodowli, 1981), στη Φιλανδία για τα σιτηρά (Tahtinen, 1974), ενώ στην πρώην Γερμανική Λαϊκή Δημοκρατία λιπαίνονται με βόριο περί τα 2.6 εκ.στρ. (Bergman, 1984).

Στην Ελλάδα, αν και η έρευνα που αναφέρεται στο βόριο είναι πολύ περιορισμένη, διαπιστώθηκε ότι υπάρχει τροφοπενία βορίου σε μεγάλο αριθμό καλλιεργειών και σε μεγάλες εκτάσεις. Η πλέον συνηθισμένη περίπτωση τροφοπενίας βορίου συναντάται στην ελιά, σχεδόν σε όλη τη χώρα (Δημητριάδης και συνεργάτες, 1960, Γαβαλάς, 1978, Τσαντήλας, 1988, Γιάσογλου και

συνεργάτες, 1991). Επίσης παρατηρήθηκε στην άμπελο (Ζάχος και συνεργάτες, 1971), στη βερικοκιά (Δημητριάδης και συνεργάτες, 1971) και στη μηλιά (Δημητριάδης και συνεργάτες, 1963). Ακόμα αναφέρονται περιπτώσεις τροφopenίας βορίου σε διάφορες κηπευτικές καλλιέργειες και στον καπνό.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το βόριο είναι ένα θρεπτικό με μεγάλη σημασία στη γεωργική παραγωγή. Στη χώρα μας η έρευνα που σχετίζεται με το στοιχείο αυτό, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι πολύ περιορισμένη και ιδίως σε ό,τι αφορά τη συμπεριφορά του στο έδαφος και στις σχέσεις του με τις εδαφικές παραμέτρους (Τσαντήλας, 1988). Ακόμα, λόγω των σχετικά σοβαρών δυσκολιών που παρουσιάζει ο εργαστηριακός προσδιορισμός του στοιχείου αυτού, είναι πολύ περιορισμένος και ο όγκος των δεδομένων από προσδιορισμούς ρουτίνας τόσο σε δείγματα φυτών όσο και εδαφών.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι:

-Ο προσδιορισμός των διαφόρων μορφών βορίου σε ικανό αριθμό ελληνικών εδαφών και ο έλεγχος της διαθεσιμότητας αυτών στα φυτά.

-Η διερεύνηση των σχέσεων των μορφών αυτών του βορίου με τις εδαφικές παραμέτρους και η ανάπτυξη σχετικών πεδοσυναρτήσεων.

-Η μελέτη της προσρόφησης του βορίου στα εδάφη και η δημιουργία των κατάλληλων συναρτησιακών σχέσεων που περιγράφουν αυτήν.

-Η μελέτη της σχέσης του βορίου με οργανικές ενώσεις των εδαφών (χουμικά και φουλβικά οξέα).

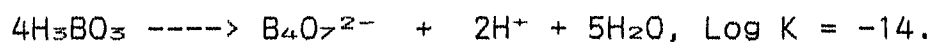
-Η μελέτη της σχέσης του βορίου με τεχνητά παρασκευαζόμενα οξειδία του σιδήρου.



## 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

### 2.1. Γεωχημεία του Βόριου.

Το βόριο είναι "λιθόφιλο" στοιχείο που απαντά στο έδαφος πάντοτε συνδεδεμένο με το οξυγόνο. Τα ορυκτά που περιέχουν βόριο δίνονται στον πίνακα 1. Αυτά που σχηματίσθηκαν κάτω από υψηλές θερμοκρασίες είναι τα σύνθετα βοριοπυριτικά, όπως ο *τουρμαλίνης* και ο *αξινίτης* και τα άλυτα βορικά όπως ο *ludwigite*, ο *kotoite* και ο *howlite*. Εκείνα που σχηματίσθηκαν κάτω από χαμηλές θερμοκρασίες είναι τα έλυτα βορικά, όπως ο *βόρακας*, ο *κερνίτης*, ο *κολεμανίτης*, ο *ουλεξίτης*, *inderite*, *inoxoite*, *inderborite*, *hungchaoite*, *sborgite*, *McAllisterite*, *Kaliborite* και *nobleite* (πιν. 1), (Krauskopf, 1972, Graham, 1957, Mattigod, 1982). Τα πλέον συνήθη βορικά είναι άλατα με αρκετή διαλυτότητα, έτσι ώστε οι κυριότερες θέσεις συσσώρευσης αυτών να είναι αποθέσεις με σημαντική εξάτμιση. Σε γεωλογικά περιβάλλοντα διαλύματα βορίου περιέχουν κυρίως  $H_3BO_3$  και  $H_2BO_3^-$  και μόνο σε πυκνά διαλύματα έχουν μορφή τετραβορική που σχηματίζεται κατά την αντίδραση:



Το ασθενές οξύ  $H_3BO_3$  ( $\log K_1 = -9.2$ ) υπάρχει ή στο διάλυμα ή σαν το σπάνιο ορυκτό *sassolite* (Krauskopf, 1972).

Η περιεκτικότητα σε βόριο των διαφόρων πετρωμάτων ποικίλει πολύ, έτσι ώστε να είναι δύσκολες οι γενικεύσεις. Σαν γενικοί κανόνες φαίνεται να ισχύουν τα ακόλουθα:

-Οι μεγαλύτερες ποσότητες βορίου υπάρχουν σε θαλάσσιες αποθέσεις και σε θαλάσσια αργιλλώδη ιζήματα. Από το γεγονός αυτό η μεγάλη περιεκτικότητά σε βόριο ενός πετρώματος

Πιν.1. Συνήθη Ορυκτά που περιέχουν Βόριο.

Krauskopf, 1972, Graham, 1957, Mattigod, 1982,  
Evans and Sparks, 1983.

Σύνθετα Βοριοφυριτικά

Τουρμαλίνης  $[\text{NaCa}(\text{MgFe})_3\text{Al}_6\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{28}(\text{OH})_3]$ , Αξινίτης  
 $[(\text{Ca}, \text{Mn}, \text{Fe})_3\text{Al}_2\text{BO}_3\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{OH})]$ .

Ανυδρα Βορικά

Ludwigite  $[\text{Mg}_2\text{BO}_5]$ , Kotoite  $[\text{Mg}_3(\text{BO}_3)]$ , Howlite  $[\text{H}_5\text{Ca}_2\text{SiB}_5\text{O}_{14}]$ , Pinnoite  $[\text{Mg}(\text{B}_2\text{O}(\text{OH})_6)]$ .

Ενυδρα Βορικά

Βόρακας  $[\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}]$ , Κερνίτης  $[\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ ,  
Κολεμανίτης  $[\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$ , Ουλεξίτης  $[\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$ ,  
Inderite  $[\text{Mg}(\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_5) \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$ , Inogyoite  $[\text{Ca}(\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_5) \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$ ,  
Inderborite  $[\text{Ca}_{1/2}\text{Mg}_{1/2}(\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_5) \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ , Hungcharoite  
 $[\text{Mg}(\text{B}_4\text{O}_4(\text{OH})_6) \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ , Sborgite  $[\text{Na}(\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ ,  
McAllisterite  $[\text{Mg}(\text{B}_6\text{O}_7(\text{OH})_6) \cdot 4.5\text{H}_2\text{O}]$ , Kaliborite  
 $[\text{H}_{1/2}\text{K}_{1/2}\text{Mg}(\text{B}_6\text{O}_8(\text{OH})_5) \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ , Nobleite  $[\text{Ca}(\text{B}_6\text{O}_9(\text{OH})_2) \cdot 3\text{H}_2\text{O}]$ .

θεωρείται σαν δείκτης παλαιοαλατότητας.

-Μεταξύ των πυριγενών πετρωμάτων τα γρανιτικά έχουν περισσότερο βόριο από τα βασαλτικά.

-Μεταξύ των συνήθων ορυκτών των πυριγενών πετρωμάτων περισσότερο βόριο περιέχουν οι μαρμαρυγίες.

-Τα ηφαιστειακά περιέχουν περισσότερο βόριο από τα πλουτώνεια πετρώματα.

-Η περιεκτικότητα των μαγματικών πετρωμάτων σε βόριο αυξάνει με την οξύτητα των πετρωμάτων.

Στον πίν. 2 φαίνονται τα εύρη των συγκεντρώσεων σε βόριο των πετρωμάτων που παρατηρήθηκαν σε διάφορες εργασίες.

Πίν.2. Περιεκτικότητα σε βόριο διαφόρων πετρωμάτων, Krauskopf, 1972 (*), Kabata-Pendias and Pendias, 1984 (**)		
Είδος πετρώματος	Περιεκτικότητα σε Β (μg/g)	
<u>Πυριγενή πετρώματα</u>		
Γρανίτης	15(*)	10-30(**)
Βασάλτης	5	
Δουνίτες, περιδοτίτες, πυροξενίτες	-	1-5
Ρυόλιθος, Δακίτης	-	15-25
Διορίτες, Συρνίτες	-	9-25
<u>Ιζηματογενή πετρώματα</u>		
Αργιλλικές αποθέσεις	-	120
Σχιστόλιθοι (shales)	100	130
Ψαμμίτες	35	30
Ασβεστόλιθοι	20	20-30

Το βόριο υπάρχει σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις στο θαλάσσιο νερό. Σαν μέση τιμή αναφέρεται η συγκέντρωση των 4.6 μg/ml. Η πίεση ατμών του  $H_3BO_3$  πάνω απ' την επιφάνεια της θάλασσας εκτιμάται σε 2 mm Hg, οπότε το βόριο μπορεί να μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα με τα σταγονίδια ή τους ατμούς και να μετακινείται σε σημαντικές αποστάσεις στην ξηρά. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε βόριο των σχιστολίθων (shales) σε σχέση με τα πυριγενή πετρώματα αποδίδεται στην υψηλή συγκέντρωση βορίου στο νερό των ωκεανών κατά την περίοδο της ιζηματογένεσης. Σε λίμνες με αλατούχα νερά ή σε εκτάσεις που επηρεάζονται από θαλάσσια νερά συγκεντρώνονται ένυδρα βορικά ορυκτά του Na, Ca και Mg, το είδος των οποίων εξαρτάται από

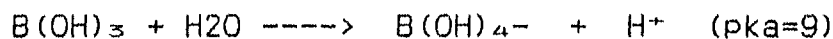
τη θερμοκρασία και την αναλογία των ιόντων που υπάρχουν στο διάλυμα. Οι τόσο υψηλές όμως συγκεντρώσεις βορίου των ιζημάτων σε σχέση με άλλα άλατα, οδήγησαν στην υπόθεση ότι εκτός από το βόριο του νερού συνεισφέρει και άλλη πηγή που την απέδωσαν στην ηφαιστειακή δραστηριότητα, δεδομένου ότι περιοχές με ιζήματα που έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε βορικά άλατα συνήθως βρίσκονται σε θέσεις με αυξημένη ηφαιστειακή δραστηριότητα κατά το παρελθόν και μέχρι σήμερα (Krauskopf, 1972).

Η αποσάθρωση των πετρωμάτων που περιέχουν βόριο δίνει στο διάλυμα αρκετά ανιόντα, όπως  $\text{BO}_2^-$ ,  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{BO}_3^{3-}$  και  $\text{B(OH)}_4^-$ . Η κυριότερη όμως μορφή του διαλύματος είναι το αδιάστατο  $\text{H}_3\text{BO}_3$  και εν μέρει το ανιόν  $\text{B(OH)}_4^-$ . Μόνο σε  $\text{pH} > 7.0$  υπάρχουν σε μικρές ποσότητες τα ανιόντα  $\text{H}_2\text{BO}_3^-$  και  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ . Τα ανιόντα υπάρχουν στο διάλυμα σαν σύμπλοκα που σχηματίζονται με τα ιόντα που βρίσκονται στο νερό, αλλά είναι αρκετά διαλυτά, ώστε να απομακρύνονται με το νερό. Στο θαλασσινό νερό, έχει δειχθεί ότι το βόριο υπάρχει με τη μορφή οργανικών συμπλόκων. Στα εδάφη οι διάφορες μορφές βορίου προσροφούνται από το διάλυμα σε μεγάλο ποσοστό από τα ορυκτά της αργίλλου και τα οξυυδροξείδια του Fe και Al (sesquioxides) και την οργανική ουσία, ενώ η όλη διεργασία εξαρτάται έντονα από το pH του περιβάλλοντος (Kabata-Pendias and Pendias, 1984, Krauskopf, 1972).

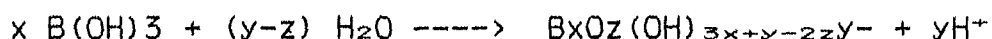
## 2.2 Η Ισορροπία της Ανόργανης φάσης του Βορίου σε Υδατικά Διαλύματα.

Σε υδατικά διαλύματα το βόριο απαντά κυρίως σαν βορικό

οξύ,  $B(OH)_3$ , το οποίο είναι ένα ασθενές μονοβασικό οξύ που δρα σαν δέκτης ηλεκτρονίων ή σαν οξύ κατά Lewis. Το  $B(OH)_3$  σε  $pH > 7.0$  σχηματίζει  $B(OH)_4^-$  κατά την αντίδραση:



Όταν το B βρίσκεται σε συγκέντρωση  $> 0.1$  m, σχηματίζονται πολυβορικά ιόντα κατά την αντίδραση:



όπου  $x$  = ο αριθμός ατόμων του B  
 $y$  = ο αριθμός  $OH^-$  σε ένα προϊόν υδρόλυσης.  
 $z$  = το φορτίο ενός ιόντος.

Τα πιο γνωστά προϊόντα της παραπάνω αντίδρασης είναι τα  $B(OH)_4^-$ ,  $B_2O(OH)_5^-$ ,  $B_3O_3(OH)_4^-$  και  $B_4O_5(OH)_4^{2-}$ . Με τη χρήση της φασματοσκοπίας Raman και υπέρυθρης δείκτηκε ότι σε υδατικά διαλύματα το μόριο του  $B(OH)_3$  είναι τριγωνικό, ενώ το μόριο του  $B(OH)_4^-$  είναι τετραεδρικό (Evans and Sparks, 1983).

Οι πιο συνήθεις μορφές διαλυτού B στα εδάφη είναι το  $H_3BO_3$  και το  $H_2BO_3^-$ , το οποίο επικρατεί σε  $pH > 9.2$ . Τα ανώτερα πολυμερή του B είναι ασταθή σε συγκεντρώσεις  $< 10^{-4}$  M. Τα περισσότερα λιπάσματα B περιέχουν το B με τη μορφή  $B_4O_7^{2-}$ , που υδρολύεται σε  $H_3BO_3$  (Lindsay, 1973).

Η κατανομή των διαφόρων βορικών ιόντων σε σταθερές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας εξαρτάται απ' το pH του διαλύματος και τη συγκέντρωση των βορικών. Επίσης αυτά μπορούν να υπάρχουν υπό μορφή διαλυτών συμπλόκων με βασικά κατιόντα και μεταλλικά ιχνοστοιχεία. Έτσι σε διαλύματα  $KClO_4$  και  $Ca(ClO_4)_2$  σε  $pH < 7.0$  το κυρίαρχο είδος βορικού (>99%) βρέθηκε να είναι το  $H_3BO_3^0$ , το οποίο μειώνεται απότομα σε

pH>7.0 μέχρι μηδενισμού σε pH=10, ενώ σε pH>7.0 εμφανίζονται τα βορικά ανιόντα  $B(OH)_4^-$  που παίρνουν τη μέγιστη τιμή σε pH=10 και τα σύμπλοκα  $CaB(OH)_4^+$  και  $KB(OH)_4^0$ , εκ των οποίων το πρώτο είναι σε μεγαλύτερη συγκέντρωση σε σχέση με το δεύτερο (Mattigod, et al, 1985).

### 2.3 Περιεκτικότητα και Μορφές Βορίου στα Εδάφη.

Όπως όλα τα μικροθρεπτικά στοιχεία των φυτών, έτσι και το B βρίσκεται στα εδάφη σε χημικές "δεξαμενές", οι οποίες μπορεί να είναι (Evans and Sparks, 1983):

- α. Υδατοδιαλυτά ιόντα.
- β. Ανταλλάξιμα ιόντα.
- γ. Προσροφημένα ή ιόντα σε χηλικές ή σύμπλοκες μορφές.
- δ. Δευτερογενή αργιλικά ορυκτά και οξειδία μετάλλων.
- ε. Πρωτογενή ορυκτά.

Το βόριο που προέρχεται από τις παραπάνω πηγές δεν είναι όλο διαθέσιμο στα φυτά. Μόνο ένα μικρό ποσοστό αυτού, μπορεί και απορροφάται από αυτά. Γενικά πολύ λιγότερο του 5% του ολικού B των εδαφών είναι διαθέσιμο στα φυτά. (Gurta, 1968). Οι κυριότερες πηγές του διαθέσιμου B είναι τα υδατοδιαλυτά, τα ανταλλάξιμα και τα προσροφημένα στην επιφάνεια των κολλοειδών ιόντα. Γενικά εδάφη αναπτυχθέντα σε υγρές περιοχές έχουν χαμηλά ποσά διαθέσιμου βορίου, λόγω της έκπλυσης που αυτό υφίσταται. Αντίθετα σε ξηρές ή ημίξηρες περιοχές, όπου η έκπλυση είναι περιορισμένη τόσο το ολικό όσο και το διαθέσιμο στα φυτά βόριο είναι πολύ υψηλότερο.

Το εδαφικό Βόριο γενικά διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες: το *ολικό Β*, το *διαλυτό σε οξέα Β* και το *διαλυτό σε νερό Β*.

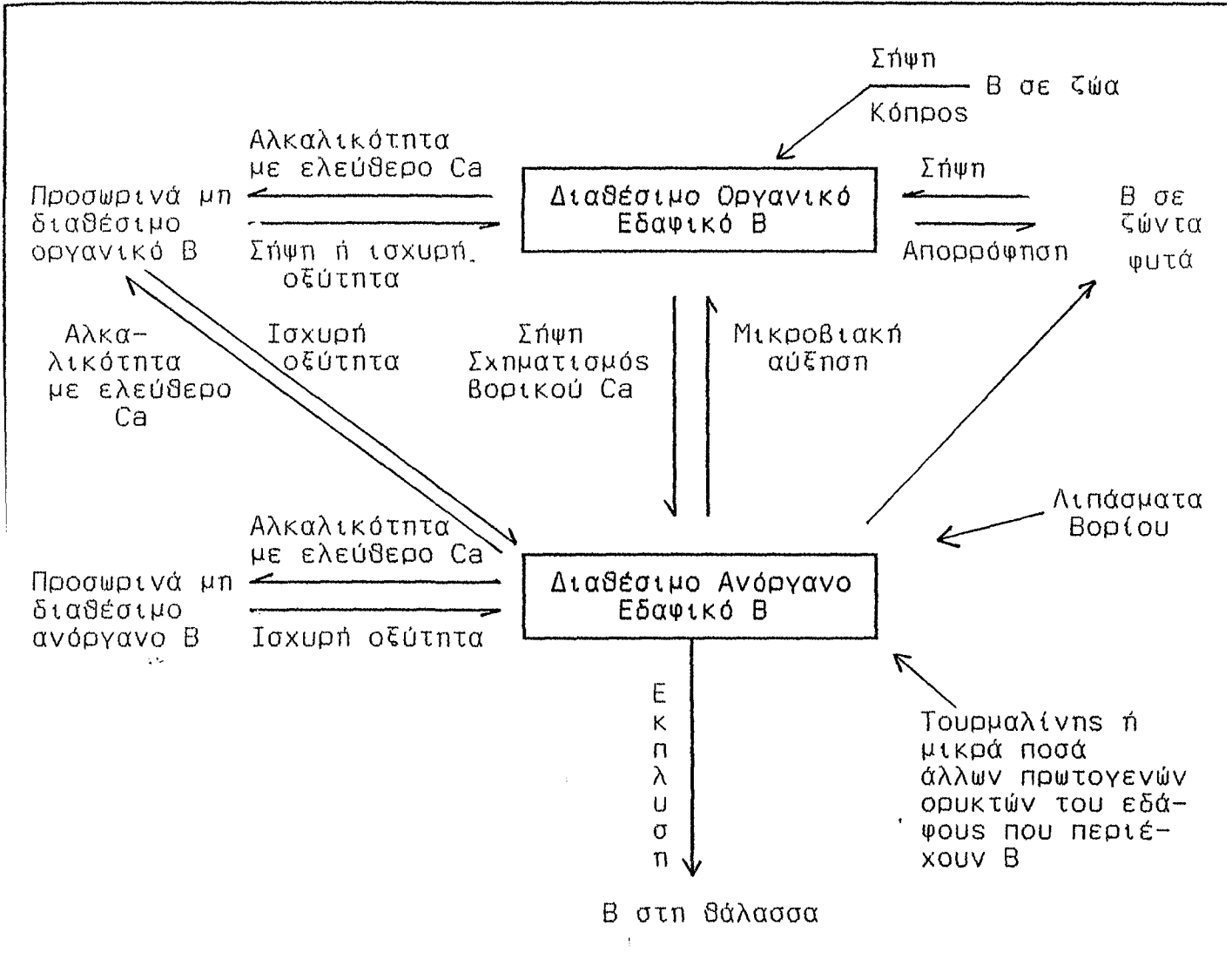
Ένας πολύ γενικός οδηγός διάκρισης των εδαφών ως προς την περιεκτικότητα αυτών σε διαθέσιμο Βόριο είναι ο ακόλουθος: (Reisenauer et al, 1983).

- 1) Εδάφη με  $<1.0$   $\mu\text{g B/g}$  εδ. *μικρής περιεκτικότητας*.
- 2) Εδάφη με  $1.0-5.0$   $\mu\text{gB/g}$  εδ. *ικανοποιητικής περιεκτικότητας*.
- 3) Εδάφη με  $>5$   $\mu\text{g B/g}$  εδ. *τοξικής περιεκτικότητας*.

#### 2.4. Ο Κύκλος του Βορίου στα Εδάφη.

Κατά τον Berger (1949), το Βόριο ακολουθεί στα εδάφη την πορεία της εικ. 1. Σύμφωνα με αυτή, το Β απομακρύνεται απ' τα εδάφη είτε με έκπλυση είτε με την απορρόφησή του από τα φυτά, ενώ προστίθεται μέσω των λιπασμάτων και της αποσύνθεσης του τουρμαλίνη και μικρών ποσών άλλων ορυκτών που περιέχουν Β. Το διαθέσιμο Β του εδάφους βρίσκεται σε δυο μορφές, ανόργανη και οργανική, που βρίσκονται σε ισορροπία μεταξύ τους. Το διαθέσιμο Β εισέρχεται στα φυτά κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους και επιστρέφει στο έδαφος μετά την ολοκλήρωση της ανάπτυξής τους, όταν αυτά σήπονται. Σε μερικά αλκαλικά εδάφη, το διαθέσιμο βόριο μετατρέπεται προσωρινά σε μη διαθέσιμες μορφές οργανικές και ανόργανες. Αυτές βρίσκονται σε ισορροπία με τις διαθέσιμες μορφές, αλλά η τάση είναι να οδηγείται η αντίδραση προς τις προσωρινά μη διαθέσιμες μορφές. Με τη δράση των μικροοργανισμών επί της οργανικής ουσίας των εδαφών, απελευθερώνεται Β, μέρος του οποίου μετατρέπεται σε ανόργανη μορφή.

Στα όξινα εδάφη, το περισσότερο Β παραμένει σε ανόργανη



Εικ. 1. Ο κύκλος του Βορίου (B) σε υγρές περιοχές (Berger, 1949)



μορφή και εκπλύνεται. Αυτό προκαλεί τη συνήθη έλλειψη Β στα αμμώδη, όξινα εδάφη. Γενικά σε υγρές περιοχές, εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε Β είναι τα ανοιχτόχρωμα όξινα και αλκαλικά εδάφη, ανεξάρτητα από την περιεκτικότητά τους σε οργανική ουσία. Σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές το εδαφικό Β απαντά πιθανόν σαν άλατα του Na και Ca.

## 2.5 Το Βόριο στη Θρέψη των Φυτών.

### 2.5.1. Απορρόφηση και Μεταφορά.

Το Β απορροφάται από τα φυτά πιθανόν με τη μορφή του αδιάστατου βορικού οξέος. Δεν είναι τελείως σαφές, εάν η απορρόφηση είναι παθητική ή ενεργητική διαδικασία. Τα περισσότερα δεδομένα όμως συγκλίνουν στην άποψη ότι πρόκειται μάλλον για παθητική μεταφορά, που γίνεται μέσω του σχηματισμού συμπλόκων βορικών με πολυσακχαρίτες. Με τον τρόπο αυτό απορροφάται το μεγαλύτερο ποσοστό του Β, ενώ με την ενεργητική μεταφορά φαίνεται ότι απορροφάται ένα πολύ μικρό ποσοστό (Mengel and Kirkby, 1982).

Το Β είναι σχετικά ευκίνητο στοιχείο εντός των φυτών, όταν κινείται στον ηθμό, ενώ είναι πολύ ευκίνητο, όταν κινείται εντός των αγγείων του ξύλου. Συνήθως η περιεκτικότητα των φυτών σε Β αυξάνει από τα κατώτερα στα ανώτερα τμήματα. Μεγάλο ποσοστό του Β κινείται εντός του φυτού μέσω των αγγείων από τα οποία γίνεται η διαπνοή του φυτού. Για το λόγο αυτό τα συμπτώματα έλλειψης Β στα φυτά αρχίζουν πάντοτε από τα αναπτυσσόμενα μέρη τους. Παρόμοια συμπεριφορά έχει και το Ca. Και τα δυο στοιχεία στην πραγματικότητα απουσιάζουν από

το χυμό του πημού των φυτών. Υψηλές συγκεντρώσεις Β βρέθηκαν σε ορισμένα όργανα των φυτών, όπως οι ανθήρες και οι ωοθήκες, στα οποία η περιεκτικότητα σε Β είναι περίπου διπλάσια σε σχέση με άλλα μέρη των φυτών. (Mengel and Kirkby, 1982, Smith, et al, 1987, Shorrocks, et al, 1989).

### 2.5.2. Οι Λειτουργίες του Βορίου στα Φυτά.

Αν και έχει γίνει μέχρι σήμερα εκτεταμένη έρευνα σχετικά με το ρόλο του Β στα φυτά, ακόμα δεν έχει καθοριστεί ο πρωταρχικός ρόλος του σ' αυτά. Παρά ταύτα το Β συνδέεται στενά με τις ακόλουθες διεργασίες που επηρεάζουν σημαντικά την ανάπτυξη των φυτών (Shorrocks et al, 1989, Mengel and Kirkby, 1982):

α) Επηρεάζει τη δραστηριότητα και την ακεραιότητα της εξωτερικής μεμβράνης του κυτοπλάσματος (plasmalema), σε τρόπο ώστε η έλλειψη αυτού να συνεπάγεται ελάττωση της απορρόφησης του φωσφόρου, του χλωρίου και του καλίου. Πέραν όμως των στοιχείων αυτών, επηρεάζεται και η δραστηριότητα ενζύμων που σχετίζονται με την εξωτερική μεμβράνη του κυτοπλάσματος.

β) Συμβάλλει σημαντικά στον έλεγχο του επιπέδου των φαινολών στα κύτταρα, ώστε να προλαμβάνεται η τοξική δράση αυτών, που παρατηρείται κατά την έλλειψη του βορίου.

γ) Με το βόριο συνδέεται στενά η μεριστωματική δραστηριότητα, ιδίως αυτή των ακραίων μεριστωμάτων. Έλλειψη βορίου συνεπάγεται μη κανονική διαίρεση των κυττάρων με αποτέλεσμα την ακανόνιστη ανάπτυξη των φύλλων και των ριζών, μέχρι της διακοπής της και την καταστροφή των ακραίων τμημάτων αυτών.

δ) Το βόριο επηρεάζει τη διεργασία της γονιμοποίησης.

ε) Έλλειψη βορίου πολύ συχνά προκαλεί αποδόμηση των τοιχωμάτων των κυττάρων του παρεγχύματος με αποτέλεσμα τη δημιουργία νεκρωτικών κηλίδων στα φύλλα, τους μίσχους και τους βλαστούς.

στ). Σε ό,τι αφορά τις βιοχημικές δράσεις του, είναι γνωστά τα εξής: Το βόριο δεν αποτελεί μέρος κάποιων ενζύμων, όπως άλλα ιχνοστοιχεία, διευκολύνει τη μεταφορά των σακχάρων, συμβάλλει στο μεταβολισμό των νουκλεϊκών οξέων με την ενσωμάτωση του φωσφόρου στο RNA και DNA. Τέλος συμβάλλει στον έλεγχο του επιπέδου των αυξινών που η συσσώρευσή της συνεπάγεται την καταστροφή των ιστών.

### 2.5.3. Οι Απαιτήσεις των Φυτών σε Βόριο.

Η απορρόφηση του βορίου ποικίλει ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του φυτού. Γενικά αυτή είναι μεγαλύτερη κατά τα στάδια ανάπτυξης της μεγαλύτερης μάζας των φυτών, της άνθισης και της καρπόδεσης. (Bergman, 1984).

Οι απαιτήσεις των διαφόρων καλλιεργειών σε βόριο διαφέρουν σημαντικά. Γενικά τα μονοκοτυλήδονα είναι λιγότερο απαιτητικά σε βόριο σε σχέση με τα δικοτυλήδονα, γεγονός που σχετίζεται με τις διαφορές στο μεταβολισμό των φαινολών στις ομάδες αυτές των φυτών. Στον πίνακα 3 δίνεται μια γενική διάκριση μεταξύ των φυτών ως προς τις απαιτήσεις τους σε βόριο. (Berger, 1949).

Επίσης η περιεκτικότητα των διαφόρων τμημάτων των φυτών διαφέρει σημαντικά. Το περισσότερο απ' το βόριο των φυτών συσσωρεύεται στα φύλλα ή τους μίσχους. Εντός των φύλλων

Πίν.3. Απαιτήσεις σε Βόριο των συνήθων καλλιεργειών		
(Berger, 1949)		
Πιθανή περιεκτικότητα σε διαθέσιμο Β των εδαφών (μgB/g) που απαιτείται για την άριστη ανάπτυξη των φυτών.		
Φυτά μεγάλων απαιτήσεων σε Β. >0.5 μg/g	Φυτά μέσων απαιτήσεων σε Β 0.1-0.5 μg/g	Φυτά χαμηλών απαιτήσεων σε Β <0.1 μg/g
Μπλιά	Καπνός	Σιτάρι
Μπδική	Ντομάτα	Βρώμη
Τριψύλλια	Μαρούλια	Σίκαλη
Τεύτλα	Ροδακινιά	Κριθή
Λάχανο	Κερασιά	Καλαμπόκι
Μπρόκολο	Ελιά	Σόγια
Κουνουπίδι	Πεκάν	Μπιζέλι
Σπαράγγι	Βαμβάκι	Φασόλια
Ηλιόσπορος	Πατάτα	Εσπεριδοειδή
Ραδίκι	Αραχίδα	Φράουλα
Λάχ.Βρυξελλών	Καρότα	Γρασσίδια
Σέλινο	Καρυδιά	
	Κρεμμύδι	
	Αχλαδιά	

οι μεγαλύτερες ποσότητες του βορίου συγκεντρώνονται στην περιφέρεια αυτών (Gurta et al, 1985).

#### 2.5.4. Τροφopenία και Τοξικότητα Βορίου στα Φυτά.

##### 2.5.4.1. Τροφopenία Βορίου.

Τα πρώτα συμπτώματα έλλειψης βορίου αρχίζουν να εμφανίζονται απ' τα ακραία αναπτυσσόμενα σημεία. Τα νεότερα φύλλα είναι παραμορφωμένα, ρυτιδωμένα και συχνά παχύτερα και με χρώμα βαθύ μπλε - πράσινο. Συνήθως παρατηρείται ακανόνιστη χλώρωση μεταξύ των νεύρων. Τα φύλλα και οι μίσχοι γίνονται εύθραυστα δείχνοντας μια διαταραχή στη διαπνοή. Οι καρποί, οι

Βολβοί και οι ρίζες παρουσιάζουν καφέ κηλίδες, νεκρώσεις, σχισμές και αποχρωματισμούς. Με την πρόοδο της τροφopenίας τα ακραία σημεία των αναπτυσσόμενων μερών νεκρώνονται με αποτέλεσμα τη γενική ελάττωση της ανάπτυξης των φυτών και του περιορισμού της άνθησης και του σχηματισμού καρπών. Σαν φυτά δείκτες της τροφopenίας βορίου μπορούν να θεωρηθούν το σέλινο, το κουνουπίδι, το λάχανο και το λάχανο Βρυξελλών για τα κηπευτικά, τα τεύτλα για τις βολβώδεις καλλιέργειες, η μηδική και τα τριψύλλια για τις βοσκές και οι μηλιές και οι αχλαδιές για τα οπωροφόρα. (Mengei and Kirkby, 1982, Chapman, 1966). Τα χαρακτηριστικά συμπτώματα της τροφopenίας βορίου εμφανίζονται όταν η συγκέντρωση αυτού στους ιστούς διαφόρων τμημάτων του φυτού πέσουν κάτω από μια ορισμένη τιμή, όπως φαίνεται στον πίνακα 4 (Gurta, 1979). Η έλλειψη βορίου ευνοείται σε εδάφη με χαμηλό επίπεδο βορίου, όπως αυτά που προέρχονται από πυριγενή πετρώματα, επίσης σε όξινα, ελαφρά ή όξινα οργανικά εδάφη και σε αλκαλικά με πολύ ανθρακικό ασβέστιο, ή σε εδάφη με πολύ χαμηλό ποσοστό σε οργανική ουσία.

2.5.4.2. Τοξικότητα Βορίου.

Ελαφρά μόνο αύξηση από το επίπεδο του βορίου που απαιτείται για την κανονική ανάπτυξη, οδηγεί πολλά φυτά σε τοξικά φαινόμενα, που συνήθως παρατηρούνται σε εδάφη προερχόμενα από θαλάσσια ιζήματα, σε εδάφη ξηρών ή ημίξηρων περιοχών ή σε εδάφη αρδευόμενα με νερό υψηλής συγκέντρωσης σε βόριο.

Η τοξική δράση του βορίου εκδηλώνεται στην κορυφή των φύλλων που αρχικά γίνεται κιτρινωπή και ακολούθως νεκρώνεται

Πίν.4. Επίπεδα Έλλειψης, Επάρκειας και τοξικότητας Βορίου στα Φυτά.

(Gurta, 1979)

Φυτό	Μέρος Δειγμ.	ppm στην Ξ.ο.		
		Τροφονενία	Επάρκεια	Τοξικότητα
Σακχαρό- τευτλα	Φύλλα Ώριμα	20-38	38-140	>250
Κουνουπίδι	Φύλλα	23	36	-
Μπρόκολα	Φύλλα στο 5% των κεφαλών	4-9	11-97	-
	Φύλλα στο 5% των κεφαλών	-	70	-
Λάχανο	Φύλλα στην αρχή σχημ. κεφαλών	2-9	10-71	-
Βρυξελλών	Φύλλα στην αρχή σχημ. κεφαλών	6-10	13-101	-
Καρότα	Φύλλα ώριμα	<16	32-103	175-307
Τομάτες	Φυτά	14-32	34-96	91-415
	Φύλλα νέα ώριμα από την κορυφή	<10	30-75	>200
Σέλινο	Φυτά 63 ημερών	-	-	>125
	Μίσχοι	16	28-75	-
Πατάτα	Φυτά 32 ημερών	-	12	>180
	Φυτά 72 ημέρες μετά τη φύτευση	<15	21-50	>50
Φασόλια	Φυτά 43 ημερών	-	12	>160
	Αγγούρι	Φύλλα ώριμα από το κέντρο του βλα- στού, 2 εβδομάδες μετά τη συλλογή	<20	40-120
Μηδική	Κορυφές νωρίς την άνθηση	<20	31-80	>100
Τριφύλλια	Κορυφές φυτών στο μπουμπούκι	12-20	21-93	>59-102
Καλαμπόκι	Φύλλα στο στάδιο της φούντας	-	10	-
Σιτάρι	Άχυρο	4.6-6	17	>34
	Στάδιο καλαμώ- ματος	2.1-5	8	>16
Βρώμη	Άχυρο	3.5-5.6	14-24	>50
	Στάδιο καλαμώ- ματος	<1-3.5	6-30	>35
Κριθή	Άχυρο	7.1-8.6	21	>46
	Στάδιο καλαμώ- ματος	1.9-3.5	10	>20

και πέφτει πρόωρα (Mengel and Kirkby, 1982). Τα φαινόμενα τοξικότητας βορίου εκδηλώνονται, όταν το επίπεδο αυτού στους ιστούς ορισμένων τμημάτων του φυτού, υπερβεί κάποιο όριο, όπως φαίνεται στον πίνακα 4.

#### 2.5.5. Η Λίπανση με Βόριο.

Το βόριο είναι ένα από τα πλέον συνήθη ιχνοστοιχεία που εφαρμόζονται για τη διόρθωση της ομώνυμης τροφopenίας. Προστίθεται απ' ευθείας στο έδαφος ή στο φυτό μόνο του ή σε ανάμιξη με άλλα λιπάσματα. Η ποσότητα του λιπάσματος εξαρτάται από το είδος του φυτού, τα εδαφικά χαρακτηριστικά και την ένταση της τροφopenίας. Τα πλέον συνήθη χρησιμοποιούμενα διεθνώς λιπάσματα φαίνονται στον πίνακα 5. Τα λιπάσματα που δίνονται διαφυλλικά στα φυτά μπορούν να αναμιγνύονται με τα εφαρμοζόμενα εντομοκτόνα. Λόγω του ότι το βόριο είναι δυσκίνητο στον ηθμό των φυτών, όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, είναι καλύτερα η διαφυλλική λίπανση να γίνεται περισσότερες από μία φορές, με τη μορφή spray ή σαν σκόνη. Επειδή το εύρος μεταξύ τροφopenίας και τοξικότητας είναι στενό, το βόριο στο έδαφος πρέπει να εφαρμόζεται ομοιόμορφα. (Murphy and Walsh, 1973, Tisdale et al, 1985).

#### 2.6. Παράγοντες που επηρεάζουν τη Διαθεσιμότητα του Βορίου.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά τη διαθεσιμότητα του βορίου στα φυτά είναι οι ακόλουθοι:

##### 2.6.1. Εδαφικό pH, Ασβέστιο και Μαγνήσιο.

Το pH του εδάφους είναι απ' τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα του βορίου. Γενικά η αύξηση του pH μειώνει τη διαθεσιμότητα αυτού, όπως

Πίν.5. Τα Συνήθη Λιπάσματα Βορίου,ο Χημικός τους Τύπος και η περιεκτικότητά τους σε Βόριο.		
<u>(Tisdale et al ,1985)</u>		
Είδος Λιπάσματος	Χημικός Τύπος	% Βόριο
Βόρακας	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	11
Βορικό Οξύ	$\text{H}_3\text{BO}_3$	17
Colemanite	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	10-16
Πενταβορικό Νάτριο	$\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	18
Τετραβορικό Νάτριο		
Λίπασμα B-48	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	14-15
Λίπασμα B-68	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	21
Solubor	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O} +$ $\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	20-21
Ulexite	$\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	9-10
<u>B-Frits</u>	Σύνθετα Βοριοπυ- ριτικά	
FTE 11		11
FTE 115		11
FTE 171		2
FTE 181		2
176 E		2
176 F		6
501		6

διαπιστώθηκε από πάρα πολλούς ερευνητές (Gupta, 1979, Wear and Patterson, 1962). Η σχέση όμως αυτή δεν είναι σταθερή, σε όλο το εύρος pH, παρατηρουμένων αποκλίσεων που οφείλονται σε διάφορους παράγοντες, όπως π.χ. στο είδος των φυτών.

Η αρνητική σχέση μεταξύ pH και διαθεσιμότητας του βορίου διαπιστώνεται σε επίπεδα pH >6.3 - 6.5, ενώ σε τιμές pH < 6.5 φαίνεται ότι το pH δεν επηρεάζει σημαντικά τη διαθεσιμότητα



αυτού (Gupta and McLeod, 1981, Gupta, 1968, Patterson and Newman, 1976).

Σημαντική επίδραση στη διαθεσιμότητα του βορίου φαίνεται ότι έχει η ασβέστωση όξινων εδαφών. Γενικά η ασβέστωση των εδαφών οδηγεί σε μείωση του διαθέσιμου βορίου και κατά συνέπεια σε μείωση της απορρόφησής του από τα φυτά. (Gupta, 1972). Παρόμοια επίδραση φαίνεται ότι έχουν τόσο το Ca όσο και το Mg, το οποίο μειώνει σε μεγαλύτερο βαθμό την απορρόφηση του βορίου σε σύγκριση με το Na και το K. Ο λόγος Ca/B θεωρείται σαν δείκτης του επιπέδου θρέψης των φυτών με βόριο. Σε περίπτωση τροφopenίας ο λόγος αυτός είναι πάνω από ορισμένα επίπεδα (Gupta, 1979).

#### 2.6.2. Κοκκομετρική Σύσταση.

Η κοκκομετρική σύσταση επηρεάζει επίσης σημαντικά τη διαθεσιμότητα του εδαφικού βορίου (Wear and Patterson, 1962). Σε εδάφη λεπτόκοκα υπάρχει περισσότερο διαθέσιμο βόριο σε σχέση με εδάφη χονδρόκοκα, ενώ η επανάκτηση προστιθεμένου βορίου είναι ευχερέστερη σε χονδρόκοκα εδάφη σε σύγκριση προς τα λεπτόκοκα. Το ποσοστό του διαθέσιμου βορίου στο ολικό βόριο είναι μεγαλύτερο σε εδάφη με περισσότερη άργιλλο, στα οποία η έκπλυση του βορίου είναι μικρότερη σε σχέση με εδάφη με λιγότερη άργιλλο (Gupta, 1979). Λεπτόκοκα εδάφη απαιτούν περισσότερο διαθέσιμο βόριο σε σύγκριση με χονδρόκοκα για να εφοδιάσουν τα φυτά με τις ίδιες ποσότητες βορίου (Shorrocks, et al, 1989, Gupta, 1979).

#### 2.6.3. Περιβαλλοντολογικοί Παράγοντες.

Από τους παράγοντες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν τη

διαθεσιμότητα του εδαφικού βορίου ο σημαντικότερος είναι η εδαφική υγρασία. Πειράματα με φυτά τομάτας σε καλλιέργεια σε άμμο (Sand Culture) έδειξαν ότι η έλλειψη υγρασίας είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση της απορρόφησης του βορίου καθώς και την ελάττωση του ξηρού βάρους των φυτών (Hobbs and Bertramson, 1949).

Το βόριο κινείται στο έδαφος με μαζική ροή (Oliver and Barber, 1966). Έλάττωση της υγρασίας συνεπάγεται ελάττωση της μαζικής ροής και κατά συνέπεια της απορρόφησης του βορίου που προσλαμβάνεται από τα φυτά κυρίως σαν βορικό οξύ κινούμενο προς τις ρίζες αυτών ανάλογα με την κλίση της συγκέντρωσής του στο εδαφικό διάλυμα (Gurta et al, 1985). Επί πλέον σε ξηρές περιόδους ελαττώνεται το διαπνεόμενο ποσό νερού περιορίζοντας την κίνηση του βορίου προς τις ρίζες του φυτού. Για τους λόγους αυτούς πολύ συχνά παρατηρούνται σε καλλιέργειες σε ξηρές περιόδους συμπτώματα τροφopenίας βορίου που εξαφανίζονται με την άρδευση.

#### 2.6.4. Αλληλεπίδραση με άλλα θρεπτικά.

##### 2.6.4.1. Κάλιο.

Πέραν των όσων αναφέρθηκαν προηγούμενα για την επίδραση του Ca και Mg στη διαθεσιμότητα του βορίου, που πολλές φορές είναι έμμεση δια του pH και άλλα θρεπτικά επηρεάζουν την απορρόφηση του βορίου.

Σημαντικό ρόλο φαίνεται ότι παίζει το K. Οι Reeve and Shive (1944), πειραματιζόμενοι με φυτά τομάτας έδειξαν ότι, όταν το επίπεδο του βορίου στο έδαφος είναι χαμηλό (<0.1 μgB/g), με χαμηλό επίσης επίπεδο K (=50 μgK/g), δεν

εκδηλώνεται τροφοπενία βορίου, ενώ με υψηλό επίπεδο Κ στο ίδιο επίπεδο βορίου, εκδηλώνεται έντονα τροφοπενία βορίου. Αντίθετα σε υψηλά επίπεδα βορίου στο έδαφος (>0.5 μgB/g), όταν το Κ ήταν χαμηλό (=50 μgK/g), δεν δημιουργούνταν φαινόμενα τοξικότητας βορίου, τα οποία ήταν έντονα σε υψηλά επίπεδα Κ (>250 μgK/g).

Για το Ca τα αποτελέσματα δεν ήταν ίδια. Σε χαμηλά επίπεδα βορίου (0.005 μgB/g), μεγάλη περιεκτικότητα Ca επέτεινε την εκδήλωση της τροφοπενίας βορίου, ενώ σε υψηλά επίπεδα βορίου (>5.0 μgB/g), μεγάλη περιεκτικότητα Ca μείωσε την ένταση της τροφοπενίας βορίου.

#### 2.6.4.2. Αζωτο.

Το βόριο εκτός από το σχηματισμό των τοιχωμάτων των κυττάρων επηρεάζει και τη σύνθεση των πρωτεϊνών. Πολλές ερευνητικές εργασίες δείχνουν ότι η έλλειψη βορίου συνεπάγεται συσσώρευση ενώσεων N στα φυτά και απλών υδατανθράκων σαν αποτέλεσμα της αδυναμίας τους να ολοκληρώσουν τη σύνθεση των πρωτεϊνών. Απεναντίας σε φυτά που παρουσιάζουν τοξικότητα βορίου παρατηρήθηκε αύξηση της περιεκτικότητάς τους σε πρωτεΐνες (Berger, 1949).

Οι Chapman and Vanselow (1955) και οι Gupta et al (1973), έδειξαν ότι η αύξηση του N στη λίπανση των εσπεριδοειδών και του σίτου μείωσε την ένταση των συμπτωμάτων τοξικότητας βορίου στις καλλιέργειες αυτές (Gupta et al, 1985). Οι Fu and Tabatabai (1989), παρατήρησαν ότι το βόριο αυξάνει τη δραστηριότητα της νιτρικής ρεδοκτάσης σε όξινα και ουδέτερα εδάφη, ενώ δεν την επηρεάζει καθόλου σε ασβεστούχα εδάφη.

#### 2.6.4.3. Φωσφόρος.

Και ο P φαίνεται ότι επιδρά στη διαθεσιμότητα του βορίου. Οι Bingham and Barber (1960), έδειξαν ότι υπερβολική λίπανση με P μειώνει τη διαλυτότητα του βορίου και την απορρόφησή του από τα εσπεριδοειδή σε όξινα εδάφη. Ομοίως παρατηρήθηκε ότι υψηλές δόσεις P αύξησαν την ένταση της τροφopenίας βορίου στον καπνό, όπως και χαμηλές μόνο δόσεις P, χωρίς προσθήκη βορίου προκάλεσαν έντονα συμπτώματα έλλειψης βορίου σε φυτά γλυκοπατάτας (Gurta, 1979). Οι Bingham and Barber (1960), ερμήνευσαν τη μείωση της διαλυτότητας του βορίου, στη μεγαλύτερη δέσμευση αυτού λόγω της αύξησης της οξύτητας που προκάλεσε η προσθήκη του P, χωρίς να προτείνουν συγκεκριμένο μηχανισμό.

Πολύ λίγα δεδομένα υπάρχουν που να αναφέρονται στην αλληλεπίδραση του βορίου και P εντός των φυτών, πολλά απ' τα οποία είναι και αντικρουόμενα. Οι Robertson and Loughman (1974), όπως αναφέρει ο Adams (1980), έδειξαν ότι η επίδραση του βορίου στην απορρόφηση του P από τις ρίζες ήταν έμμεση. Συγκεκριμένα η έλλειψη του βορίου συνεπάγεται μείωση της απορρόφησης του P, λόγω του ότι προκαλεί ανάσχεση της επιμήκυνσης των ριζών και λόγω αυτής μείωση της επιφάνειας που απορροφά.

#### 2.6.4.4. Ψευδάργυρος.

Ο Zn, όπως και το Ca, θεωρείται ότι επηρεάζει την ακεραιότητα των βιολογικών μεμβρανών (Graham et al, 1987), παίζοντας προστατευτικό ρόλο σ' αυτές. Έλλειψη Zn, γενικά διευκολύνει τη συσσώρευση άλλων θρεπτικών, όπως π.χ. του P,

σε τοξικά επίπεδα. Οι Graham et al (1987), διεπίστωσαν ότι ο Zn παρεμποδίζει την απορρόφηση του βορίου από τις ρίζες των φυτών, όταν αυτό βρίσκεται μέχρι κάποιου επιπέδου συγκεντρώνσης. Σε συγκεντρώσεις όμως βορίου πολύ μεγάλες στο περιβάλλον των ριζών (200 -3000  $\mu\text{M}$ ), το βόριο υπερβαίνει την προστατευτική δράση του Zn, δημιουργώντας τοξικές συγκεντρώσεις στα φυτά.

## 2.7. Η Συγκράτηση του Βορίου στα Εδάφη.

### 2.7.1. Εισαγωγή - Ορολογία.

Όταν σε ένα έδαφος προσθέτουμε διάλυμα που περιέχει βόριο, μια ποσότητα αυτού απομακρύνεται συγκρατούμενο από το έδαφος. Στη βιβλιογραφία η συγκράτηση του βορίου αναφέρεται με πολλούς όρους, σε τρόπο ώστε να δημιουργείται συχνά σύγχυση γύρω από την ακριβή έννοια και το περιεχόμενο αυτών. Έτσι πολύ συχνά σε σχετικά κείμενα συναντώνται οι όροι "συγκράτηση" (*retention*), "δέσμευση" (*fixation*), "ιζηματοποίηση" (*precipitation*) και "προσρόφηση" (*sorption* ή *adsorption*), πολλές φορές χωρίς να διασαφηνίζεται ο μηχανισμός μέσω του οποίου το βόριο απομακρύνεται από το διάλυμα.

Ο Parks (1944), απέδωσε τη "δέσμευση" (*fixation*) του βορίου σε εδάφη που χρησιμοποίησε, σε μηχανισμό κατά τον οποίο λάμβανε χώρα είσοδος του βορίου στο κρυσταλλικό πλέγμα της αργίλλου. Οι Olson and Berger (1946), υποστήριξαν την άποψη ότι η "δέσμευση", (*fixation*), του βορίου που συμβαίνει με την ασβέστωση των εδαφών οφείλεται στην αύξηση του pH που επέρχεται και γίνεται μέσω μιας γρήγορης χημικής αντίδρασης

η οποία είναι αντιστρεπτή. Οι Parks and White (1952), απέδωσαν τη "συγκράτηση", (retention), του βορίου από συστήματα χούμου σε μηχανισμό σχηματισμού συμπλόκων Β-ομάδων διόλης των χουμικών ενώσεων. Οι Hatcher and Bower (1957), μελετώντας τη συγκράτηση του βορίου σε εδάφη, την απέδωσαν σε μηχανισμό "προσρόφησης", (adsorption), μοριακού βορικού οξέος. Οι Biggar and Fireman (1960), για να περιγράψουν τη δέσμευση του βορίου χρησιμοποίησαν τον όρο "προσρόφηση", (adsorption), θεωρώντας ότι δεν περιορίζεται σε κάποιο ιδιαίτερο μηχανισμό δέσμευσης του βορίου, όπως φυσική προσρόφηση, (physical adsorption), ανταλλαγή ανιόντος, (anion exchange) ή χημική ιζηματοποίηση, (chemical precipitation). Οι Hatcher et al (1967), χρησιμοποίησαν τον όρο προσρόφηση, (adsorption) ή "δέσμευση" (fixation), για να περιγράψουν την απομάκρυνση του βορίου από το διάλυμα. Οι Sims and Bingham (1967, 1968), καθώς και ο Evans (1987), χρησιμοποίησαν τον όρο συγκράτηση (retention), για να αποδώσουν την απομάκρυνση του βορίου από το διάλυμα μέσω μηχανισμών ανταλλαγής ανιόντων ή δημιουργίας συμπλόκων βορίου με γλυκόζη, αντίστοιχα. Τέλος οι Rhoades et al (1970), χρησιμοποίησαν τον όρο προσρόφηση (adsorption), για μηχανισμό δέσμευσης του βορίου, σύμφωνα με τον οποίο το βόριο ενσωματώνονταν στην κρυσταλλική δομή του  $Mg(OH)_2$  και  $Al(OH)_3$  αντίστοιχα.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω μπορούμε να πούμε ότι με τους γενικούς όρους συγκράτηση (retention) και δέσμευση (fixation) περιγράφεται η απομάκρυνση του βορίου από το εδαφικό διάλυμα μέσω των ακόλουθων μηχανισμών:

- α) είσοδος του βορίου στο πλέγμα των αργιλλικών ορυκτών.
- β) χημική ιζηματοποίηση (chemical precipitation).
- γ) προσρόφηση (adsorption):
  - i) μοριακού βορικού οξέος σε ειδικές θέσεις στην επιφάνεια της αργίλλου.
  - ii) με σχηματισμό συμπλόκων Β- ομάδων διόλης σε οργανικές ενώσεις.
  - iii) με ανταλλαγή ανιόντων.
- δ) μικροβιακή δέσμευση για τη συγκράτηση του βορίου από τη στερεά φάση.

Στην παρούσα εργασία ο όρος προσρόφηση (adsorption), θα χρησιμοποιείται χωρίς κάποια ιδιαίτερη σημασία από τις παραπάνω, εκτός αν κάπου αυτή ορίζεται.

#### 2.7.2. Μηχανισμοί Συγκράτησης του Βορίου.

##### 2.7.2.1.Είσοδος του Βορίου στο Πλέγμα των Αργιλλικών Ορυκτών.

Ο Parks (1944), μελετώντας την επίδραση της εναλλαγής υγράνσης και ξήρανσης εδαφικών δειγμάτων στη συγκράτηση του βορίου, διαπίστωσε ότι αυτή είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση του ποσού του βορίου που δεσμεύονταν από το προστιθέμενο βόριο σ' αυτά, ενώ δεν επηρεάζονταν το ποσό του βορίου που εκχυλίζονταν από τα αποθέματα του φυσικά προσροφημένου βορίου. Η δέσμευση του βορίου αυξάνονταν με την αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι τους 85° C, τον αριθμό των υγράνσεων - ξηράνσεων των δειγμάτων και το ποσό του προστιθεμένου βορίου. Επίσης παρατήρησε ότι η ασβέστωση των δειγμάτων μείωνε τη δέσμευση του βορίου. Από τις παρατηρήσεις αυτές οδηγήθηκε στην υπόθεση ότι το βόριο αντιδρά με τις επιφάνειες των

κρυσταλλικών πλεγμάτων των αργίλλων εισερχόμενο εντός αυτών. Η μείωση της δέσμευσης του βορίου, όταν προηγείται ασβέστωση, οφείλεται στην είσοδο του Ca στις θέσεις, όπου συγκρατούνταν το βόριο. Σε προηγούμενη εργασία του ο ίδιος ερευνητής κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το βόριο αντικαθιστούσε το Al εισερχόμενο στο πλέγμα αργιλιο-πυριτικών κρυστάλλων.

Οι απόψεις αυτές αμφισβητήθηκαν αργότερα από τους Keren and Gast (1981), οι οποίοι πρότειναν διαφορετικούς μηχανισμούς, όπως θα αναφερθεί παρακάτω.

#### 2.7.2.2. Προσρόφηση Μοριακού $B(OH)_3$ και Βορικών Ανιόντων.

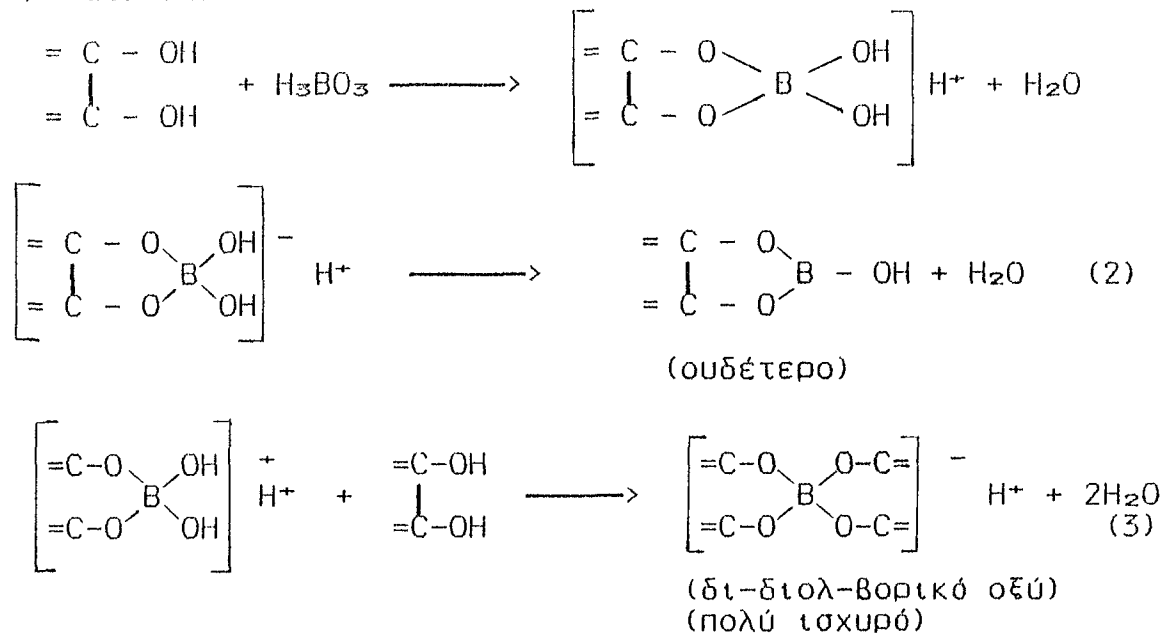
Ο Hingston (1964), μελετώντας τη συγκράτηση του βορίου από τρία είδη αργιλλικών ορυκτών, ιλλίτη, καολινίτη και μοντμοριλλονίτη συμπέρανε ότι το βόριο πρέπει να προσροφάται σαν ουδέτερη ηλεκτρικά ένωση, καθόσον η αύξηση της συγκέντρωσης του  $CaCl_2$  στο διάλυμα δεν επηρέαζε το μέγεθος της προσρόφησης του βορίου. Η παρατηρηθείσα αύξηση της προσρόφησης του βορίου με την άνοδο του pH μέχρι της τιμής της  $pK$  του  $B(OH)_3$ , ερμηνεύτηκε σαν αποτέλεσμα της δημιουργίας περισσότερων θέσεων προσρόφησης του  $B(OH)_3$  λόγω της αύξησης του pH. Σε τιμές pH μεγαλύτερες της  $pK$  η προσρόφηση του βορίου ελαττώνονταν, διότι σ' αυτές τις τιμές pH μειώνεται η συγκέντρωση του  $B(OH)_3$ . Τα μόρια του  $B(OH)_3$  προσροφώνται πάνω στις επιφάνειες των ορυκτών που είναι πλούσιες σε οξυγόνο μέσω δεσμών H (Sims and Bingham, 1967). Ο Hingston (1964), στην ίδια εργασία δεν απέκλεισε την περίπτωση το βόριο να προσροφάται σαν βορικό ανιόν. Κατά την εκδοχή αυτή η αύξηση της προσρόφησης του βορίου με την αύξηση



του pH, μπορεί να αποδοθεί στην αύξηση των  $B(OH)_4^-$ . Όταν το pH υπερέβαινε την τιμή της  $pK$ , η προσρόφηση ελαττώνονταν λόγω του ισχυρού ανταγωνισμού που δέχονταν τα  $B(OH)_4^-$  από τα  $OH^-$ , των οποίων η συγκέντρωση σ' αυτές τις τιμές pH είναι πολύ μεγάλη.

### 2.7.2.3. Σχηματισμός Συμπλόκων Βορίου με Οργανικές Ενώσεις.

Ο σχηματισμός συμπλόκων βορικών ιόντων και οργανικών ενώσεων με μεγάλο αριθμό OH στο μόριό τους, έχει μελετηθεί από πολύ παλιά (Conner and Bulgrin, 1967). Ο Boeseken (1949), μελέτησε εκτεταμένα τις χημικές αντιδράσεις μεταξύ του βορικού οξέος και πολυϋδροξυ-οργανικών ενώσεων, συμπεραίνοντας ότι η αντίδραση που λαμβάνει χώρα ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:



Μέχρι σήμερα είναι αποδεκτό ότι ο σχηματισμός των συμπλόκων αυτών γίνεται από 1,2- και 1,3- διόλες με cis διαμόρφωση (Conner and Bulgrin, 1967).

Ο Conner (1970), έδειξε ότι παρόμοια σύμπλοκα των

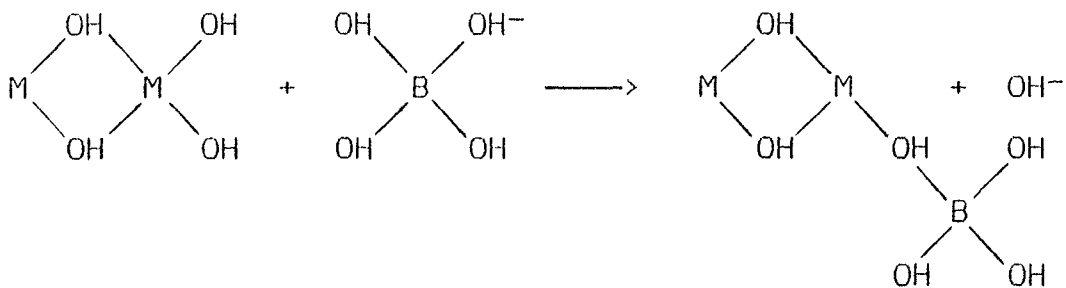
βορικών δημιουργούνται και με εξόζες, οι οποίες μπορεί να είναι πεντόλες. Ομοίως οι Kenneth and Pizer (1969), πρότειναν ανάλογο μηχανισμό για τη δημιουργία συμπλόκου των βορικών με ταρταρικό οξύ.

Ανάλογο μηχανισμό πρότειναν οι Sims and Bingham (1968α), για την προσρόφηση των βορικών στα sesquioxides.

Το σχηματισμό των παραπάνω συμπλόκων υιοθέτησαν πολλοί ερευνητές στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν τις παρατηρούμενες σχέσεις βορίου και οργανικής ουσίας στα εδάφη. (Berger and Truog, 1945, Gupta, 1968, Parks and White, 1952, Sims and Bingham, 1968, Yermiyaho et al, 1988).

#### 2.7.2.4. Μηχανισμός Προσρόφησης με Ανταλλαγή Ανιόντων (Sims and Bingham, 1968α).

Σύμφωνα με αυτό τον προτεινόμενο μηχανισμό, η προσρόφηση των βορικών ανιόντων γίνεται στα sesquioxides με απλή ανταλλαγή  $\text{OH}^-$  από  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  κατά την αντίδραση:



Στην περίπτωση αυτή η αύξηση της προσρόφησης του βορίου με την αύξηση του pH, ερμηνεύεται από την υπόθεση ότι η αύξηση του pH συνεπάγεται τη δημιουργία περισσότερων  $\text{B}(\text{OH})_4^-$ , ενώ η μείωση αυτού σε τιμές  $\text{pH} > 9$ , αποδίδεται αφ' ενός στον ανταγωνισμό των  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  από τα  $\text{OH}^-$ , αφ' ετέρου στο γεγονός ότι τα ένυδρα οξειδία σε τέτοια επίπεδα pH αρχίζουν να

σποκιούν αρνητικό φορτίο, το οποίο απωθεί τα βορικά ανιόντα.

#### 2.7.2.5. Ενσωμάτωση στη Δομή των Κρυστάλλων Ενώσεων $M(OH)_x$ .

Οι Rhoades et al (1970), μελετώντας τη δέσμευση του βορίου από ορυκτά χωρίς ενώσεις Fe και Al, όπως ο διοψίδιος, ο τρεμολίτης και ο ενσταίτης κατέληξαν στην υπόθεση, ότι η ικανότητα αυτών να συγκρατούν μεγάλες ποσότητες βορίου, οφείλεται στις επικαλύψεις των ορυκτών αυτών από ορυκτά του τύπου  $Mg(OH)_x$ . Με πειράματα σε αιωρήματα  $MgO$  και  $Mg(OH)_2$ , διαπίστωσαν ότι αυτά είχαν μεγάλη ικανότητα να αφαιρούν βόριο απ' το διάλυμα, η οποία δεν μειώνονταν με τη γήρανση (aging), όπως συνέβαινε με τα sesaμιοxides. Η μελέτη με ακτίνες X έδειξε ότι πιθανόν το βόριο ενσωματώνονταν στην δομή των κρυστάλλων του  $Mg(OH)_2$ . Παρόμοιες διαπιστώσεις έκαναν και οι Beyrouty et al (1984), μελετώντας τη δέσμευση του βορίου σε καθαρά συστήματα υδροξειδίου του Al.

#### 2.7.3. Ποσοτική Περιγραφή της Προσρόφησης του Βορίου.

Για την ποσοτική απόδοση του φαινομένου της προσρόφησης του βορίου στα εδάφη και σε καθαρά συστήματα χρησιμοποιήθηκαν μέχρι σήμερα οι ακόλουθες εξισώσεις:

- α) Του *Langmuir*.
- β) Του *Freundlich*.
- γ) Η *Εξίσωση των Brunauer, Emmet και Teller (BET)*.
- δ) Η *φαινομενολογική εξίσωση των Keren et al*.

##### 2.7.3.1. Η Εξίσωση Langmuir.

Η εξίσωση Langmuir αναπτύχθηκε για την περιγραφή προσρόφησης αερίων σε στερεά, θέτοντας τις παρακάτω προϋποθέσεις : (Sparks, 1986)

- α. Η προσρόφηση γίνεται σε ορισμένες, ομοιογενείς και εντοπισμένες θέσεις που σχηματίζουν μία απλή στρώση.
- β. Η ενέργεια προσρόφησης είναι σταθερή σε ολόκληρη τη στρώση.
- γ. Δεν αντιδρούν μεταξύ τους μόρια της προσροφούμενης ουσίας.
- δ. Επιτυγχάνεται ισορροπία.
- ε. Το μέγεθος της στρώσης εξαρτάται από την ενέργεια προσρόφησης και είναι ανεξάρτητο της θερμοκρασίας.

Η συνήθης μορφή της εξίσωσης Langmuir είναι:

$$x/m = \frac{KCb}{1 + Kc} \quad \text{ή με άλλη μορφή:}$$

$$C/x/m = 1/Kb + C/b, \quad \text{όπου:}$$

C= η συγκέντρωση ισορροπίας της προσροφούμενης ουσίας.

x/m= το βάρος της προσροφούμενης ουσίας ανά μονάδα βάρους της ουσίας που προσροφά.

K= σταθερά σχετιζόμενη με την ενέργεια των δεσμών και

b= η μέγιστη ποσότητα της προσροφούμενης ουσίας που μπορεί να προσροφηθεί.

Εάν τα δεδομένα προσρόφησης συμφωνούν με την εξίσωση, γίνεται μια γραφική παράσταση με άξονα των Χ την παράμετρο C και άξονα των Ψ την παράμετρο C/x/m, η οποία είναι ευθεία γραμμή με κλίση 1/b και τετμημένη 1/Kb.

Πάρα πολλοί ερευνητές δημοσίευσαν δεδομένα, που δείχνουν ότι σε ένα ορισμένο εύρος συγκεντρώσεων, η προσρόφηση του βορίου περιγράφεται πολύ καλά από την εξίσωση Langmuir (Hatcher and Bower 1958, Biggar and Fireman 1960, Singh 1964, Okazaki and Chao 1968, Bingham and Page 1971, Elrashidi and

O'Connor 1982, Prasad 1978, Bingham et al 1971, Evans 1987, Τσαντήλας 1988).

### 2.7.3.2. Η Εξίσωση Freundlich.

Η εξίσωση του Freundlich είναι εμπειρική χωρίς θεωρητική θεμελίωση. Βασίζεται στην υπόθεση ότι η ενέργεια προσρόφησης ελαττώνεται λογαριθμικά με την αύξηση του ποσοστού της επιφάνειας που προσροφά (Sparks, 1986). Ακόμα η ανάπτυξη της εξίσωσης βασίζεται στην υπόθεση ότι η επιφάνεια που προσροφά είναι ετερογενής και κάθε θέση προσρόφησης, προσροφά χωριστά σύμφωνα με την εξίσωση Langmuir (Sposito, 1980).

Η μορφή της εξίσωσης είναι (Sparks, 1986):

$$x/m = kC^{1/n} \quad \text{ή} \quad \text{σε γραμμική μορφή}$$

$$\log(x/m) = 1/n \log C + \log k, \quad \text{όπου:}$$

$x/m$  = το βάρος της προσροφούμενης ουσίας ανά μονάδα βάρους της ουσίας που προσροφά.  
 $C$  = η συγκέντρωση ισορροπίας της προσροφούμενης ουσίας και  $k, 1/n$  : εμπειρικές σταθερές με αμβίβολη φυσική σημασία. Η τιμή της  $1/n$  συνήθως βρίσκεται να είναι  $< 1$ .

Η εξίσωση Freundlich είναι λιγότερο απαιτητική από την εξίσωση Langmuir και πολλές φορές δεδομένα που δεν προσαρμόζονται καλά σ' αυτή, προσαρμόζονται καλύτερα στην εξίσωση Freundlich. Πολλά δεδομένα προσρόφησης βορίου προσαρμοζόμενα στην εξίσωση Freundlich έχουν δημοσιευτεί μέχρι σήμερα, Evans (1987), Elrashidi and O'Connor (1982), Τσαντήλας (1988). Έχει το μειονέκτημα ότι δεν μπορεί να προβλέψει τη μέγιστη προσρόφηση. Παρά ταύτα έχει ευρεία χρήση στην περιγραφή της προσρόφησης του βορίου στα εδάφη.

### 2.7.3.3. Η εξίσωση των Brunauer, Emmett και Teller (BET)

Αντίθετα προς τις άλλες εξισώσεις η εξίσωση BET βασίζεται στην υπόθεση ότι η προσρόφηση γίνεται όχι σε μία απλή, αλλά σε πολλαπλές στρώσεις (Sparks, 1986). Επίσης προϋποθέτει ομοιογενή επιφάνεια προσρόφησης και αποκλείει τις πλάγιες αντιδράσεις μεταξύ των μορίων της ουσίας που προσροφάται. Η εξίσωση αυτή χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της ειδικής επιφάνειας στερεών από δεδομένα προσρόφησης αερίων.

Ο τύπος της εξίσωσης είναι:

$$\frac{C}{x/m(C_0-C)} = \frac{1}{V_{mb}} + \frac{b-1}{V_{mb}} * \frac{C}{C_0}, \text{ όπου:}$$

C = συγκέντρωση ισορροπίας της προσροφούμενης ουσίας.

x/m = η προσροφούμενη ποσότητα ανά μονάδα βάρους της ουσίας που προσροφά.

C<sub>0</sub> = η συγκέντρωση της προσροφούμενης ουσίας που απαιτείται για να κατακρημνισθεί σαν στερεό.

b = σταθερά σχετιζόμενη με την ενέργεια προσρόφησης.

V<sub>m</sub> = η προσροφούμενη ποσότητα όταν καλύπτεται η πρώτη στρώση της επιφάνειας που προσροφά.

Η εξίσωση BET πρωτοχρησιμοποιήθηκε στη χημεία εδάφους για την περιγραφή της προσρόφησης του φωσφόρου σε καλσίτη (Sparks, 1986). Επίσης ο Singh (1964), περιέγραψε την προσρόφηση βορίου σε εδάφη σε όλο το εύρος των συγκεντρώσεων που χρησιμοποίησε, την οποία δεν μπορούσε να περιγράψει η εξίσωση Langmuir, με τη χρήση της εξίσωσης BET.

#### 2.7.3.4. Η Φαινομενολογική Εξίσωση Προσρόφησης.

Οι εξισώσεις των Freundlich και Langmuir περιγράφουν την προσρόφηση του Β σαν συνάρτηση της συγκέντρωσης αυτού στο διάλυμα ισορροπίας υπό σταθερό pH. Όμως είναι γνωστό, ότι η προσρόφηση του Β επηρεάζεται σημαντικά από το pH του διαλύματος. Οι Mezuman and Keren (1981), ανέπτυξαν μία εξίσωση που περιγράφει ικανοποιητικά την προσρόφηση του Β στα εδάφη σαν συνάρτηση της συγκέντρωσης αυτού στο διάλυμα και του pH.

Για την ανάπτυξη της εξίσωσης γίνεται η υπόθεση ότι τα είδη  $B(OH)_3$ ,  $B(OH)_4^-$  και  $OH^-$  ανταγωνίζονται για τις ίδιες θέσεις προσρόφησης. Η εξίσωση είναι της μορφής:

$$Q_{BT} = \frac{T [K_{HB} (HB) + K_B (B)]}{1 + K_{HB} (HB) + K_B (B) + K_{OH} (OH)}, \text{ όπου:}$$

$Q_{BT}$  = ολικό ποσό προσροφούμενου Β (mol/g εδ.)

$T$  = η μέγιστη προσροφούμενη ποσότητα Β (mole/g εδ.),  $K_{HB}$ ,  $K_B$  και  $K_{OH}$  συντελεστές συγγενείας σχετιζόμενοι με την ενέργεια των δεσμών (lit/mole) για τα είδη  $B(OH)_3$ ,  $B(OH)_4^-$  και  $OH^-$  αντίστοιχα και  $(HB)$ ,  $(B)$  και  $(OH)$  είναι η ενεργότητα των ειδών αυτών στο διάλυμα αντίστοιχα.

Η εξίσωση αυτή βρέθηκε ότι περιγράφει ικανοποιητικά την προσρόφηση του Β λαμβάνοντας υπόψη και το pH τόσο σε συστήματα αργιλλικών ορυκτών όσο και στα εδάφη (Keren et al, 1981, Keren and Mezuman, 1981, Keren and Gast, 1983).

#### 2.7.3.5. Το Μοντέλο Σταθερής Χωρητικότητας (Constant Capacitance Model).

Το μοντέλο αυτό είναι χημικό και περιγράφει με αρκετή

σαφήνεια τις αντιδράσεις επιφανείας λαμβάνοντας υπόψη και την επίδραση του pH. Χρησιμοποιεί ένα μηχανισμό *ligand exchange* και αποδείχτηκε κατάλληλο για την περιγραφή της ειδικής προσρόφησης ανόργανων ιόντων ψθορίου, φωσφορικών, πυριτικών και σεληνίτη. Οι Goldberg and Glaubig (1985, 1986a, 1986b και 1988) έδειξαν ότι το μοντέλο αυτό περιγράφει ικανοποιητικά την προσρόφηση του Β, λαμβάνοντας υπόψη και την επίδραση του pH, σε ορυκτά οξειδία του Fe και Al, σε αργιλλικά ορυκτά каолинίτη, μοντοριλλονίτη και ιλλίτη, αλλά και σε εδάφη. Για τον προσδιορισμό των διαφόρων σταθερών του μοντέλου χρησιμοποιούνται κατάλληλα προγράμματα υπολογιστών.

### 3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.

#### 3.1. Δείγματα.

##### 3.1.1. Εδαφικά δείγματα.

Τα κριτήρια επιλογής των εδαφών, από τα οποία πάρθηκαν τα εδαφικά δείγματα είναι τα ακόλουθα:

α) Τα εδάφη αυτά να δημιουργούν προβλήματα θρέψης Β, είτε λόγω έλλειψης είτε λόγω περίσσειας αυτού, σε διάφορες καλλιέργειες.

β) Να προέρχονται από διαφορετικά κλιματικά περιβάλλοντα και μητρικά υλικά.

γ) Να παρουσιάζουν μεγάλο εύρος διακύμανσης των φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους.

Στη χώρα μας η καλλιέργεια που υποφέρει ίσως περισσότερο από την έλλειψη Β, τόσο σε ότι αφορά την ένταση του



προβλήματος, όσο και τη διάδοσή του, είναι η ελιά, όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα. Άλλες καλλιέργειες, στις οποίες παρατηρήθηκε στη χώρα μας, τροφopenία Β, είναι η βερικοκιά, η μηλιά, τα τεύτλα, ο καπνός και διάφορες κηπευτικές καλλιέργειες.

Με βάση προηγούμενα, τα εδάφη απ' τα οποία πάρθηκαν τα δείγματα προέρχονται από διάφορες θέσεις των περιοχών της νήσου Λέσβου, του Ν. Μαγνησίας, του Δομοκού Φθιώτιδας, του Ν. Λάρισας, των Μεγάρων Αττικής, των Ν. Πρεβέζης και Θεσπρωτίας, του Αγρινίου και του Μεσολογγίου (εικόνα 2). Συνολικά πάρθηκαν περί τα 200 εδαφικά δείγματα, τα οποία προέρχονται από το βάθος της κατατομής 0-90 cm.

### 3.1.2. Δείγματα Χουμικών και Φουλβικών Οξέων.

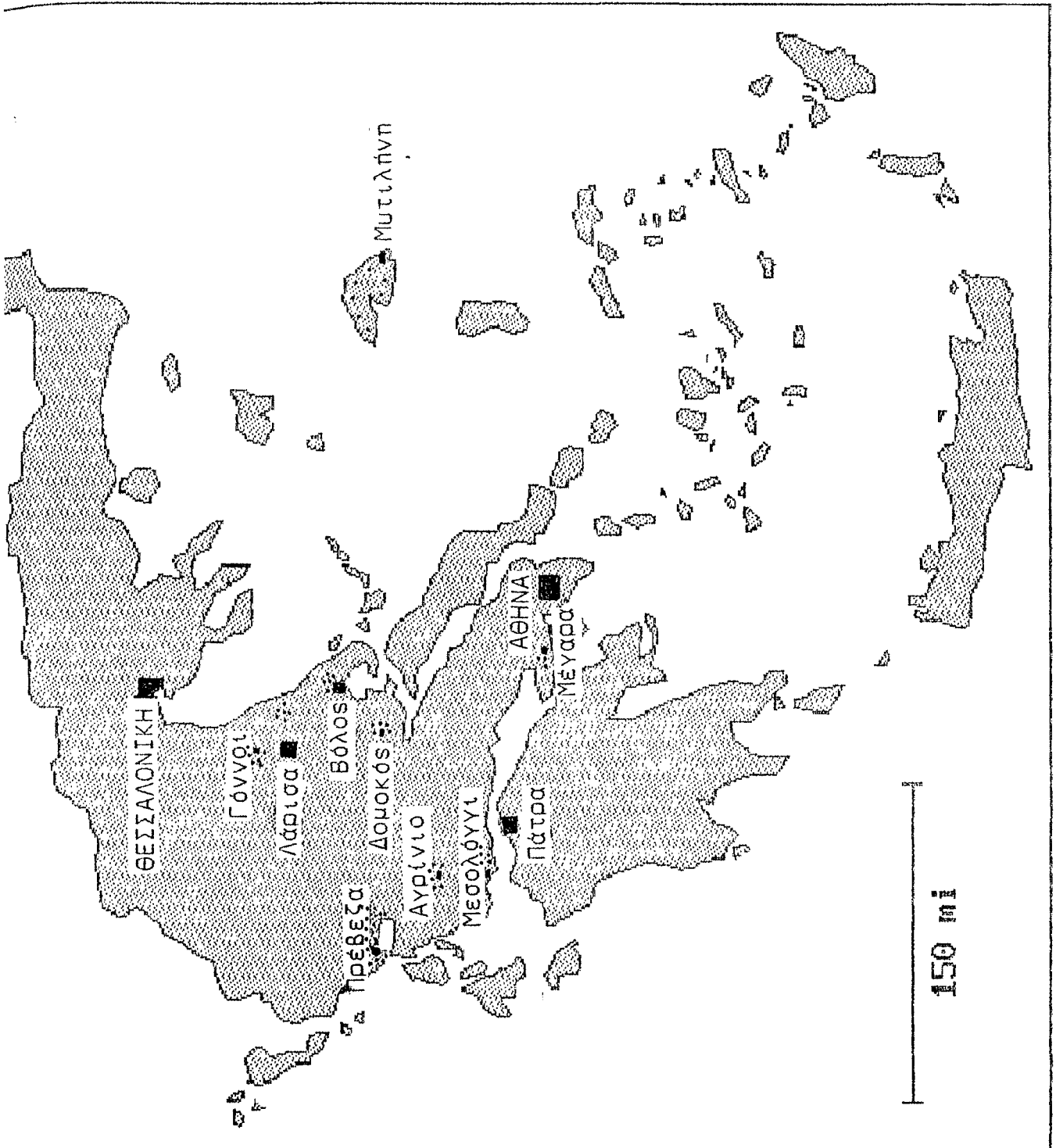
Από τρία εδαφικά δείγματα απομονώθηκαν χουμικά και φουλβικά οξέα, προκειμένου να μελετηθεί η σχέση τους με το Β. Τα δείγματα αυτά προέρχονται ένα από δασική περιοχή του Ν. Καρδίτσας και δύο από εδάφη του Ν. Λάρισας, στα οποία η καλλιέργεια της ελιάς πάσχει από τροφopenία Β.

### 3.1.3. Δείγματα Συνθετικών Οξειδίων του Σιδήρου.

Χρησιμοποιήθηκαν δείγματα από επτά συνθετικούς αιματίτες και οκτώ συνθετικούς γκαϊτίτες των Kosmas et al (1986), για τη μελέτη της σχέσης του Β με τα sesquioxides.

### 3.1.4. Δείγματα Φύλλων.

Για τη μελέτη της διαθεσιμότητας των διαφόρων μορφών Β των εδαφών, χρησιμοποιήθηκαν οι καλλιέργειες της ελιάς και της κριθής, από τις οποίες πάρθηκαν με κατάλληλο τρόπο φύλλα.



Εικ. 2. Περιοχές  
Δειγματοληψίας  
Εδαφών

### 3.2. Μέθοδοι Αναλύσεως Εδαφικών Δειγμάτων.

Οι αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων έγιναν με τη χρήση των ακόλουθων μεθόδων:

#### 3.2.1. pH.

Μετρήθηκε σε υδατικό αιώρημα εδάφους- νερού σε αναλογία 1:1 ύστερα από ανάδευση και εξισορρόπηση επί μία ώρα (McLean, 1982).

#### 3.2.2. Κοκκομετρική Σύσταση.

Προσδιορίστηκε ύστερα από διασπορά των εδαφικών δειγμάτων με μεταφωσφορικό νάτριο  $[(NaPO_3)_x]$ , 10% σε αναλογία 50 gr εδάφους προς 40 ml μεταφωσφορικού Na και 550 ml απιονισμένου νερού, ανακίνηση με ανακινητή τύπου Hamilton beach επί 10' και πυκνομέτρηση με πυκνόμετρο Βουγιούκου ύστερα από 40" και 2 h. Οι ενδείξεις διορθώνονταν ανάλογα με τη θερμοκρασία (Βουγουκος, 1951).

#### 3.2.3. Ισοδύναμο Ανθρακικό Ασβέστιο.

Έγινε η μέτρηση του εκλυόμενου  $CO_2$  ύστερα από αντίδραση 0.5-2.0g εδ. με 5 ml διάλυμα 6N HCl με ασβεστόμετρο Bernard (Allison and Moodie, 1965).

#### 3.2.4. Οργανική Ουσία.

Προσδιορίστηκε με την τεχνική της ταχείας οξειδωσης με διχρωμικό κάλιο κατά τη μέθοδο των Walkley - Black. Κατ' αυτήν ποσότητα εδάφους, 0.5 - 0.2 gr, οξειδώνεται με 10 ml του  $K_2Cr_2O_7$  παρουσία 20 ml πυκνού  $H_2SO_4$ . Η περίσσεια του  $K_2Cr_2O_7$  τιτλοδοτείται με δισθενή θειικό σίδηρο ( $FeSO_4 \cdot 2H_2O$ ). Με τη διαδικασία αυτή οξειδώνεται το 77% του οργανικού άνθρακα. Για το λόγο αυτό διορθώνεται το αποτέλεσμα με

πολλαπλασιασμό επί τον παράγοντα  $1/0.77 = 1.3$ . Ο οργανικός άνθρακας μετατρέπεται σε οργανική ουσία πολλαπλασιαζόμενος επί  $1/0.58 = 1.72$ , επειδή γίνεται η παραδοχή ότι η οργανική ουσία περιέχει κατά μ.ό. 58 % άνθρακα. (Nelson and Sommers, 1982, Jackson, 1958).

### 3.2.5. Υδατοδιαλυτοί Υδατάνθρακες.

Ο προσδιορισμός τους έγινε, αφού εκχυλίσθηκαν με βρασμό 10 g εδάφους με 25 ml  $H_2O$  για 30' (Evans, 1987), με τη μέθοδο της anthrone. Κατ' αυτήν ορισμένη ποσότητα εκχυλίσματος (1 ml) φέρεται σε διάλυμα 0.2 % (w/v) anthrone σε πυκνό  $H_2SO_4$  εντός πλαστικής φιάλης, που είναι τοποθετημένη σε παγόλουτρο για να αποφευχθεί απότομη αύξηση της θερμοκρασίας και στη συνέχεια τοποθετείται σε ζέον ύδωρ για 10' ακριβώς και ψύχεται αμέσως. Μετά παρέλευση 1 h μετράται η απορρόφηση στα 630 nm. (Oades 1967, Pons et al 1981).

### 3.2.6. Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων.

Προσδιορίσθηκε ύστερα από αντικατάσταση των ανταλλάξιμων κατιόντων με Na, που παρέχεται μέσω διαλύματος 1N NaOAc (pH 8.2), αντικατάσταση στη συνέχεια του Na με  $NH_4^+$  μέσω διαλύματος 1N  $NH_4OAc$  (pH 7.0) και μέτρηση αυτού με φλογοφωτόμετρο τύπου DR LANGE, M7DCII (φλόγας ακετυλενίου) (Rhoades, 1982).

### 3.2.7. Ανταλλάξιμα Βασικά Κατιόντα.

Προσδιορίσθηκαν ύστερα από αντικατάστασή τους με  $NH_4^+$  μέσω διαλύματος 1N  $NH_4OAc$  (pH 7.0), τα μεν  $Na^+$ ,  $K^+$  και  $Ca^{2+}$  με φλογοφωτόμετρο, το δε  $Mg^{2+}$  με ατομική απορρόφηση της Varian Tectron, Model AA-5 (Thomas, 1982).

### 3.2.8. Ελεύθερα Οξείδια του Σιδήρου και Αργιλίου (Fed, A1d).

Το ποσοστό αυτό του εδαφικού σιδήρου περιλαμβάνει τα οξείδια που υπάρχουν σαν ευδιάκριτα σωματίδια, σαν επικαλύψεις στα εδαφικά ορυκτά ή σαν συγκολλητική ουσία μεταξύ των ανοργάνων σωματιδίων. Προσδιορίσθηκαν ύστερα από αναγωγή και απομάκρυνση του Fe από το έδαφος με διθειονικό νάτριο ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) και δέσμευση αυτού με κιτρικό νάτριο ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ) σε  $\text{pH} > 6.5$  για να αποφεύγεται η αποσύνθεση του διθειονικού νατρίου (Olson and Roscoe, 1982).

Ο Fe στο διάλυμα προσδιορίσθηκε με ατομική απορρόφηση της Varian Tectron. Στο ίδιο διάλυμα προσδιορίσθηκε και το Al. Η εκχύλιση έγινε με θέρμανση στους  $75^\circ\text{C}$  επί  $15' 4$  gr εδάφους παρουσία  $2$  gr  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$  και  $25$  ml buffer  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ .

### 3.2.9. Άμορφα Οξείδια του Σιδήρου και Αργιλίου (Feo, A1o).

Το ποσοστό του Fe που βρίσκεται με τη μορφή "αμόρφων" οξειδίων (μέρος του μαγεμίτη και λεπιδοχρωσίτη και ολόκληρο το ποσοστό του ferrihydrite) (Schwertmann and Taylor, 1977) προσδιορίστηκαν ύστερα από εκχύλιση με διάλυμα  $0.175$  M οξαλικού αμμωνίου ( $\text{pH} 3.25$ ). Η διαδικασία περιλάμβανε ανακίνηση  $1$  gr εδάφους με  $40$  ml εκχυλιστικού υπό σκότος σε θερμοκρασία δωματίου για  $4$  h (Jin et al, 1987) και προσδιορισμό του Fe και Al στο εκχύλισμα με ατομική απορρόφηση.

### 3.2.10. Οξυυδροξείδια του Μαγγανίου (Mno).

Εκχυλίστηκαν με ανακίνηση  $4$  gr εδάφους εντός  $40$  ml  $0.1$  M  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$  σε  $0.01$  M  $\text{HNO}_3$  σε θερμοκρασία δωματίου επί  $30'$  (Jin et al, 1987) και στη συνέχεια προσδιορίστηκαν στο εκχύλισμα

με ατομική απορρόφηση στα 540 nm. Με τη διαδικασία αυτή διαχωρίζονται τα ορυκτά του Mn από τα ορυκτά του Fe στα εδάφη (Chao, 1972).

### 3.2.11. Ολική Ειδική Επιφάνεια (SS).

Προσδιορίστηκε με την απλοποιημένη μέθοδο του Ethylene Glycol Monoethyl Ether (EGME), (Cihæk and Bremner, 1965), που περιλαμβάνει προσδιορισμό της ποσότητας EGME που συγκρατεί η μονάδα βάρους εδάφους. Η διαδικασία περιλαμβάνει προσθήκη ποσότητας περί τα 3 ml EGME σε δείγμα εδάφους 1 gr περίπου, εφαρμογή κενού για την απομάκρυνση της περίσσειας του EGME και προσδιορισμό της διαφοράς βάρους, που οφείλεται στην ποσότητα του EGME που συγκρατήθηκε από το έδαφος. Η ειδική επιφάνεια υπολογίζεται σαν το πηλίκο του βάρους EGME ανά gr εδάφους προς τον συντελεστή 0.000286 και εκφράζεται σε  $m^2/gr$  εδ.

### 3.2.12. Διαλυτό σε ζέον ύδωρ Βόριο (HwsB).

Εκχυλίστηκε με βρασμό επί 5' ποσότητας εδάφους και διαλύματος 0.001 M  $CaCl_2$  σε αναλογία 1:2 αντίστοιχα εντός σφαιρικών υαλίνων φιαλών, που ήταν συνδεδεμένες με ψυκτήρα επανατροής (Bingham, 1982). Οι φιάλες στις οποίες γινόταν ο βρασμός, πριν χρησιμοποιηθούν, γεμίζονταν με πυκνό HCl και παρέμειναν με αυτό 24 h (weathering) (Gurta, 1967), έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί η απελευθέρωση B από τα τοιχώματά τους. Το B προσδιορίζονταν στο εκχύλισμα με τη χρήση Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES) της SMI, model III, σε μήκος κύματος 249.78 nm.

### 3.2.13. Διαλυτό σε 0.05 N HCl Βόριο (HCl-B).

Εκχυλίστηκε με ανακίνηση ορισμένης ποσότητας εδάφους με διάλυμα 0.05 N HCl σε αναλογία 1:2 αντίστοιχα εντός πλαστικών φιαλών επί 5' (Ρομπινσόν et al, 1981). Το Β στο εκχύλισμα προσδιορίστηκε με ICP- AES, όπως και το HwsB.

### 3.2.14. Κλασμάτωση Εδαφικού Βορίου.

Έγινε με την ακόλουθη σταδιακή διαδικασία σε διαφορετικές ποσότητες του ίδιου εδαφικού δείγματος (Jin et al, 1987).

*Υδατοδιαλυτό Β (CwsB):* 10 gr εδάφους ανακινήθηκαν με 20 ml απιονισμένου νερού σε πλαστική φιάλη σε θερμοκρασία δωματίου επί 24 h.

*Εκχυλίσιμο με 0.02 M CaCl<sub>2</sub> Β (NsaB):* 10 gr εδάφους ανακινήθηκαν σε πλαστική φιάλη με 20 ml 0.02 M CaCl<sub>2</sub> σε θερμοκρασία δωματίου επί 24 h.

*Ανταλλάξιμο με μαννιτόλη Β (Ssb):* 6 gr εδάφους ανακινήθηκαν σε πλαστική φιάλη με διάλυμα 30 ml 0.01 M mannitol σε 0.01 M CaCl<sub>2</sub>, σε θερμοκρασία δωματίου επί 24 h.

*Εκχυλίσιμο με NH<sub>2</sub>.OH.HCl Β (Mpb):* 4 gr εδάφους ανακινήθηκαν σε πλαστικές φιάλες με 40 ml διάλυμα 0.1 M NH<sub>2</sub>.OH.HCl σε 0.01 M HNO<sub>3</sub> σε θερμοκρασία δωματίου επί 30'.

*Εκχυλίσιμο με οξαλικό αμμώνιο Β (Feob):* 1 gr εδάφους ανακινήθηκε σε πλαστικές φιάλες με διάλυμα 40 ml 0.175 M NH<sub>4</sub>-oxalate (pH 3.25) σε θερμοκρασία δωματίου υπό σκότος επί 4 h.

*Ολικό Β (Tot-B):* Αρχικά έγινε σύντηξη 0.5 gr εδάφους ή πετρώματος που κοσκινίστηκε με κόσκινο 100 mesh ύστερα από λειοτρίβησή του, με 3 gr Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> σε χωνευτήρια Pt σε

θερμοκρασία 1000 °C. Η παραλαβή του δείγματος από τα χωνευτήρια γινόταν με διάλυμα 6N HCl.

Σε όλες τις παραπάνω μεταχειρίσεις ο προσδιορισμός του Β έγινε με ICP-AES, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Το ποσό του Β σε κάθε κλάσμα υπολογίζονταν με αφαίρεση από το Β που βρισκόταν στο εκχύλισμα με το αντίστοιχο εκχυλιστικό, του προηγούμενου ή προηγούμενων κλασμάτων.

### 3.2.15. Εκχύλιση και καθαρισμός χουμικών (HA) και φουλβικών οξέων (FA).

Η εκχύλιση των HA και FA έγινε με την ακόλουθη διαδικασία (Chen et al, 1978):

Ποσότητα εδάφους και διαλύματος 0.5 N NaOH σε αναλογία 1:10 αντίστοιχα μεταφέρθηκαν εντός πλαστικού δοχείου, ο αέρας του οποίου αντικαταστάθηκε με αέριο N<sub>2</sub> και το αιώρημα ανακινήθηκε επί 24 h σε θερμοκρασία δωματίου. Στη συνέχεια το υπερκείμενο υγρό διαχωρίστηκε από το υπόλοιπο με φυγοκέντρηση, οξινίσθηκε μέχρι pH 2 με διάλυμα 6N HCl, αφέθηκε επί 24 h σε θερμοκρασία δωματίου και ακολούθησε ο διαχωρισμός των χουμικών και φουλβικών οξέων με διήθηση. Στη συνέχεια τα HA μεταφέρθηκαν σε πλαστική φιάλη, στην οποία προστέθηκε αραιό διάλυμα HF-HCl (5 ml 48% HF + 5ml πυκνό HCl + 990 ml απιονισμένο H<sub>2</sub>O), ανακινήθηκαν επί 12 h και διαχωρίστηκαν από το υπερκείμενο. Η διαδικασία αυτή, η οποία έγινε για να ελαττωθεί η περιεκτικότητα της τέφρας επαναλήφθηκε τρεις φορές. Στη συνέχεια τα HA και FA μεταφέρθηκαν χωριστά σε μεμβράνες διυλίσεως, όπου παρέμειναν μέχρι πλήρους απομάκρυνσης των Cl<sup>-</sup>. Για να ελαχιστοποιηθεί το ποσοστό της τέφρας τους το



διάλυμα των FA διηθήθηκε πέντε φορές από στήλη κατιοντικού εναλλάκτη (Dowex -50, H<sup>-</sup>form). Ακολούθησε ξήρανση των HA και FA με περιστροφικό εξατμιστή (28 °C) και μεταφορά τους σε ξηραντήρα με P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

### 3.2.16. Στοιχειακή Ανάλυση των HA, FA.

Έγινε ύστερα από ξηρή καύση των HA, FA στους 550 °C και διάλυση της τέφρας με μίγμα HNO<sub>3</sub> και HCl. Τα επί μέρους στοιχεία προσδιορίστηκαν στο διάλυμα με τη χρήση ICP - AES.

### 3.2.17. Ενεργές Ομάδες των HA, FA (Schnitzer, 1982).

#### 3.2.17.1. Ολική Οξύτητα.

Προσδιορίστηκε με τη μέθοδο του Ba(OH)<sub>2</sub>, κατά την οποία ποσότητα χουμικής ένωσης περί τα 50 gr ανακινείται με διάλυμα 20 ml 0.2 N Ba(OH)<sub>2</sub>, εντός κωνικής φιάλης, από την οποία αντικαθίσταται ο αέρας με αέριο N<sub>2</sub>, επί 24 h. Στη συνέχεια η περίσσεια του Ba(OH)<sub>2</sub> τιτλοδοτείται με standard διάλυμα 0.5 N HCl μέχρι pH 8.4. Η ολική οξύτητα σε mg/g χουμικής ένωσης ισούται με:

$$\frac{(\text{ml οξέος λευκού} - \text{ml οξέος δείγμ.}) * \text{Κανον.οξέος} * 1000}{\text{βάρος δείγματος (mg)}}$$

#### 3.2.17.2. Καρβοξυλικές Ομάδες.

Προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο του Ca(OAc)<sub>2</sub>, κατά την οποία ποσότητα περί τα 50 gr χουμικής ένωσης ανακινούνται με 10 ml διάλυμα 1N Ca(OAc)<sub>2</sub> και 40 ml απιονισμένου H<sub>2</sub>O ελεύθερου CO<sub>2</sub>, επί 24 h. Η περίσσεια του Ca(OAc)<sub>2</sub> τιτλοδοτείται στη συνέχεια με standard διάλυμα 0.1 N NaOH. Ο υπολογισμός των -CO<sub>2</sub>H σε mg/g χουμικής ένωσης γίνεται με το πηλίκο:

$$\frac{(\text{ml Βάσης δείγμ.} - \text{ml Βάσης λευκού}) * \text{Κανον. Βάσης} * 1000}{\text{Βάρος δείγματος (mg)}}$$

### 3.2.17.3. Φαινολικές Υδροξυλομάδες.

Υπολογίσθηκαν από τον τύπο:

$$\begin{aligned} \text{μεα/γ χουμικής ένωσης φαινολικών OH} &= \\ &= \text{μεα ολικής οξύτητας /gr χουμικής ένωσης} - \\ &- \text{μεα CO}_2\text{H ομάδων /gr χουμικής ένωσης.} \end{aligned}$$

### 3.2.18. Ολική Ανάλυση της Τέφρας των HA, FA.

Κατ' αρχάς προσδιορίστηκε το ποσοστό τέφρας των χουμικών ενώσεων με θέρμανσή τους στους 550 °C επί 6 h. Στη συνέχεια η τέφρα διαλύθηκε με μίγμα HNO<sub>3</sub>-HCl και στο διάλυμα έγινε ο προσδιορισμός των στοιχείων της τέφρας με ICP-AES, τα οποία εκφράζονται σε ποσοστό % επί της τέφρας.

### 3.2.19. Φάσματα Υπέρυθρης Ακτινοβολίας των HA, FA.

Προετοιμάσθηκαν δισκία KBr με ανάμιξη 1.0 mg χουμικής ένωσης και 400 mg KBr και κατάλληλη πίεση. Για τη λήψη των φασμάτων χρησιμοποιήθηκε όργανο IR Perkin Elmer, 283 B με ταχύτητα σαρώσεως 20 cm<sup>-1</sup>/min.

### 3.2.20. Πηλίκο E4/E6.

Προσδιορίστηκε με την ακόλουθη διαδικασία: 3 mg χουμικού υλικού διαλύθηκαν σε 10 ml διαλύματος 0.05 N NaHCO<sub>3</sub> (pH = 8) και μετρήθηκε η απορρόφηση σε μήκη κύματος 465 και 665 nm αντίστοιχα, χρησιμοποιώντας σαν λευκό το διάλυμα 0.05 N NaHCO<sub>3</sub>. Το πηλίκο της τιμής απορρόφησης στα 465 nm προς την τιμή απορρόφησης στα 665 nm είναι το πηλίκο E<sub>4</sub>/E<sub>6</sub> (Schnitzer, 1982).

### 3.3. Πειράματα Προσρόφησης Βορίου.

#### 3.3.1. Προσρόφηση Β σε Εδαφικά Δείγματα.

Τα πειράματα προσρόφησης Β εκτελέσθηκαν με την ακόλουθη διαδικασία: ορισμένη ποσότητα εδάφους και ποσότητα διαλύματος 0.01 M  $\text{CaCl}_2$  με διάφορες συγκεντρώσεις Β σε αναλογία 1:1, εξισορροπούνταν με ανακίνηση επί 24 h σε θερμοκρασία δωματίου. Στη συνέχεια προσδιορίζονταν το Β στο υπερκείμενο διάλυμα ισορροπίας με τη μέθοδο της azomethine - Η (Bingham, 1982). Η διαφορά του Β από την αρχική συγκέντρωση, θεωρούνταν ότι προσροφήθηκε (Elrashidi and O'Connor, 1982).

#### 3.3.2. Πειράματα Προσρόφησης σε Συνθετικά Οξειδία Fe.

Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με τα εδαφικά δείγματα με τη διαφορά ότι η αναλογία οξειδίου προς διάλυμα Β ήταν 1:100.

### 3.4. Στατιστική Επεξεργασία Δεδομένων.

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια Η/Υ. Χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) και Statistical Graphics Systems (Version 2.6, 1987).

#### 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

##### 4.1. Ταξινόμηση και Ιδιότητες των Μελετηθέντων Εδαφών.

Τα εδάφη απ' τα οποία πάρθηκαν δείγματα για τη μελέτη των θεμάτων με τα οποία ασχολείται η παρούσα εργασία, αντιπροσωπεύουν ένα μεγάλο μέρος των κατηγοριών των εδαφών που απαντούν στη χώρα μας. Η ταξινόμησή τους σύμφωνα με το Soil Taxonomy (USDA, 1985) και το μητρικό τους υλικό φαίνονται στον πίν. 6.

Το βάθος των εδαφών ποικίλει ανάλογα με το βαθμό της διάβρωσης, την οποία έχουν υποστεί. Όσα απ' αυτά έχουν αναπτυχθεί σε ήπιο ανάγλυφο με μικρές κλίσεις, έχουν μεγάλο βάθος και σε ορισμένες περιπτώσεις καλά αναπτυγμένους ορίζοντες. Απεναντίας όσα ευρίσκονται σε θέσεις με μεγάλες κλίσεις, έχουν υποστεί σημαντική διάβρωση, μέχρι του σημείου να έχει αποκαλυφθεί το μητρικό πέτρωμα. Οι βασικές ιδιότητές τους φαίνονται στους πίνακες 7-12 (παράρτημα).

##### 4.2. Περιεκτικότητα σε Βόριο των Διαφόρων Μητρικών Πετρωμάτων και των Αντίστοιχων Εδαφών.

Στον πίν. 2 φαίνεται η περιεκτικότητα σε Β των διαφόρων πετρωμάτων που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, η οποία κυμαίνεται σε ευρέα όρια. Τα μελετώμενα εδάφη, εάν εξαιρέσουμε όσα έχουν αναπτυχθεί σε μητρικά υλικά αλλούβια ή κολλούβια, των οποίων η σύνθεση είναι περίπλοκη εξαρτώμενη από τις πηγές προέλευσής των, προέρχονται από τρεις κατηγορίες μητρικών πετρωμάτων:

- Ιζηματογενή πετρώματα (Σχιστόλιθοι - Shales).

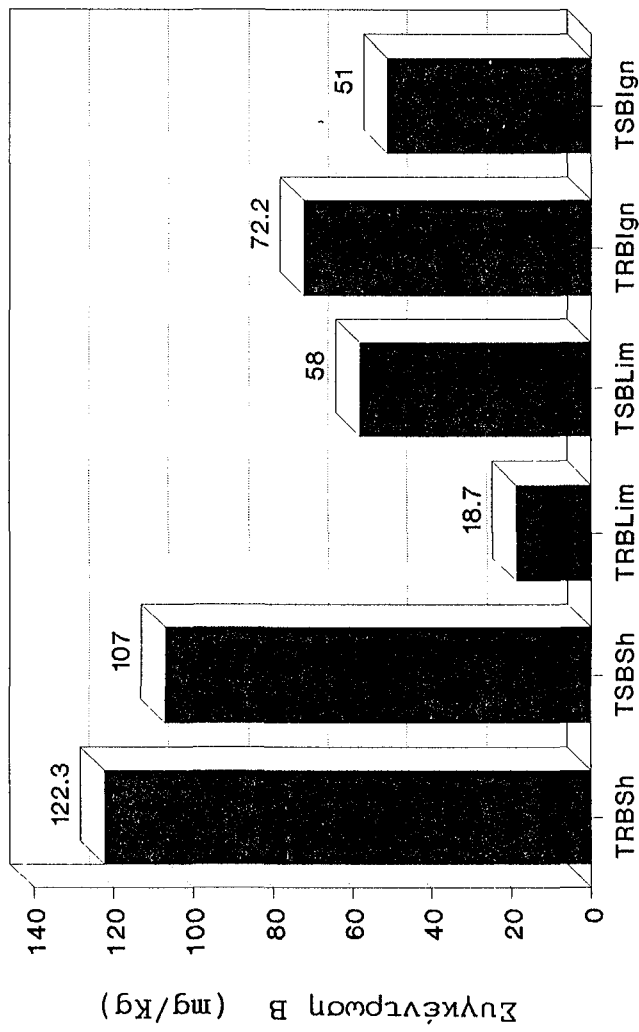
- Ασβεστόλιθοι.
- Πυριγενή πετρώματα.

Η ολική περιεκτικότητα αυτών σε Β φαίνεται στον πίν. 13 και το (σχ.2). Σε ότι αφορά τα ιζηματογενή πετρώματα και τον ασβεστόλιθο οι μέσες τιμές του ολικού Β είναι όμοιες με αυτές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία (πίν. 2). Το εύρος των τιμών στα ιζηματογενή πετρώματα είναι αρκετά μεγάλο, επηρεαζόμενο από το περιβάλλον και τις συνθήκες σχηματισμού τους. Τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε Β παρουσιάζουν ο χλωριτικός και ο πράσινος σχιστόλιθος που προέρχονται από περιοχές της Λέσβου. Η μέση τιμή των πυριγενών πετρωμάτων είναι αισθητά μεγαλύτερη των τιμών που αναφέρει η βιβλιογραφία. Τα περισσότερα από τα δείγματα (πίν. 13) προέρχονται από περιοχές της Λέσβου με ηφαιστειογενή πετρώματα (ρυόλιθος, δακίτης), τα οποία ως γνωστόν παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε Β μεταξύ των πυριγενών πετρωμάτων (Krauskopf, 1972), όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

Το ολικό Β των εδαφών που αναπτύχθηκαν στα ίδια μητρικά πετρώματα φαίνεται επίσης στον πίν. 13. Τα εδάφη που προέρχονται από σχιστόλιθους παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ολικό Β, προφανώς λόγω του ότι και τα ίδια περιέχουν αισθητά περισσότερο Β από τα άλλα πετρώματα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα εδάφη που προέρχονται από ασβεστόλιθο περιέχουν τα ίδια ποσά Β σε σχέση με όσα προέρχονται από πυριγενή πετρώματα παρά το ότι ο ασβεστόλιθος περιέχει αισθητά μικρότερα ποσά Β, σε σχέση με τα πυριγενή πετρώματα (σχ. 2). Αυτό πρέπει να αποδοθεί στις ιδιότητες των

Πίν. 6. Ταξινόμηση μελετηθέντων εδαφών		
Περιοχή	Μητρικό Υλικό	Ταξινομικές Κατηγορίες
1. Λέσβου	Σχιστόλιθος (Shale) Ασβεστόλιθος Πυριγενή Πετρώματα Αλλούβιο Κολλούβιο	Lithic Xerorthent Typic Xerorthent Typic Xerofluvent Typic Xerochrept
2. Λαρίσης	Σχιστόλιθος Κολλούβιο Αλλούβιο	Typic Xerorthent Lithic Xerorthent Typic Haploxeralf
3. Μαγνησίας	Μαρμαρυγιακοί Γνεύσιοι, Σχιστό- λιθοί Αργιλλικοί Σχι- στόλιθοι Χλωριτικοί Σχι- στόλιθοι	Typic Xerorthent Typic Xerochrept Dystric Xerochrept
4. Δομοκού Φθιώτιδας	Αλλούβιο	Typic Chromoxerent Typic Xerochrept
5. Μεγάρων Αττικής	Αλλούβιο	Calcixerollic Xero- chrept Typic Xerofluvent
6. Μεσολογ- γίου	Αλλούβιο	Typic Xerofluvent
7. Αγρινίου	Αλλούβιο	Typic Haploxeralf
8. Θεσπρωτίας	Αλλούβιο Κολλούβιο Σχιστόλιθος	Aquic Xerofluvent Typic Xerochrept Typic Xerorthent Typic Xerofluvent Lithic Xerorthent

Πίν. 13. Περιεκτικότητα σε Βόριο μητρικών πετρωμάτων και εδαφών που αναπτύχθηκαν πάνω σ' αυτά				
α/α	Είδος Πετρώματος	Περιοχή	Ολικό Βόριο (μg/g)	
1.	Σχιστόλιθος	Ιζηματογενής	Κεράμια Λέσβου	300.0
2.	"	Ασβεστολιθικός	Πυργί Λέσβου	52.8
3.	"	"	Μόριας Λέσβου	96.4
4.	"	Μαρμαρυγιακός	Μόριας Λέσβου	171.4
5.	"	"	"	144.6
6.	"	Πράσινος	'Αγ.Ερμογένης Λέσβου	220.0
7.	"	Μεταμορφωσιγενής	Γόννοι Λάρισσας	51.2
8.	"	"	"	28.0
9.	"	Χλωριτικός	Μακρυρράχη Μαγνησίας	115.6
10.	"	Αργιλλικός	Αχίλλειο Μαγνησίας	78.6
11.	"	Μεταμορφωσιγενής	Παραμυθιά Θεσπρωτίας	86.6
M.O.				122.3
M.O.	Ολικού Βορίου των αντίστοιχων εδαφών			107.0
12.	Ασβεστόλιθος		Μέγαρα Αττικής	20.2
13.	"		"	19.6
14.	"		"	16.2
M.O.				18.7
M.O.	Ολικού Βορίου των αντίστοιχων εδαφών			58.0
15.	Πυριγενές (Δακίτης)		Αγ.Παρασκευή Λέσβου	41.4
16.	"		"	89.2
17.	"		Καλλονή Λέσβου	63.6
18.	"		Μανταμάδος Λέσβου	102.8
19.	"		"	72.0
20.	"	(Ρυόλιθος)	Παμφίλια Λέσβου	83.2
21.	"	"	"	53.4
M.O.				72.2
M.O.	Ολικού Βορίου των αντίστοιχων εδαφών			51.0



ΣΧ. 2. Περιεκτικότητα σε Βόριο των Μητρικών Πετρωμάτων και των αντίστοιχων εδαφών που αναπτύχθηκαν πάνω σ' αυτά

(**TRBSh**: Ολικό Β σχιστολίθων, **TSBSH**: Ολικό Β εδαφών επί σχιστολίθων, **TRBLim**: Ολικό Β αβεστολίθων, **TSBLim**: Ολικό Β εδαφών επί αβεστολίθων, **TRBlgn**: Ολικό Β πυριγενών πετρωμάτων, **TSBlgn**: Ολικό Β εδαφών επί πυριγενών πετρωμάτων)



εδαφών που προέρχονται από τα αντίστοιχα πετρώματα. Εδάφη προερχόμενα από ασβεστόλιθους έχουν κατά κανόνα υψηλότερο pH, περισσότερη άργιλλο και οξειδία του Fe σε σύγκριση με εδάφη που προέρχονται από πυριγενή πετρώματα. Αυτό πρέπει να οδηγεί σε μεγαλύτερη συγκράτηση του B που απελευθερώνεται από την αποσύνθεση των ορυκτών που περιέχουν B και συνεπώς συσώρευσή του στο έδαφος σε ποσοστά μεγαλύτερα αυτών των μητρικών πετρωμάτων. Αντίθετα στους σχιστόλιθους μέρος του εκλυόμενου B εκπλύνεται.

#### 4.3. Μορφές Βορίου των Εδαφών και Διαθεσιμότητα αυτών στα Φυτά.

Όπως αναφέρθηκε και στο εισαγωγικό μέρος, από το συνολικό ποσό B των εδαφών, ένα πολύ μικρό ποσοστό του είναι διαθέσιμο στα φυτά. Για τον προσδιορισμό του ποσοστού αυτού του B δεν υπάρχει σήμερα μία μέθοδος που να είναι παγκόσμια αποδεκτή. Πάρα πολλοί ερευνητές προσπάθησαν με πλήθος εργασιών τους για την εύρεση μιας μεθοδολογίας που να προσδιορίζει τις διαθέσιμες μορφές B. Μία ανασκόπηση των προσπαθειών αυτών φαίνεται στον πίν. 14. Από τις μεθόδους αυτές, σαν οι πλέον αποδεκτές, θεωρούνται η μέθοδος εκχύλισης με ζέον ύδωρ και πάστας κορεσμού (Gupta et al, 1985).

Στη χώρα μας δεν υπάρχει σημαντικός αριθμός δεδομένων που να επιτρέπει την αξιολόγηση των μεθόδων αυτών ως προς την καταλληλότητά τους να προσδιορίζουν το διαθέσιμο στα φυτά B. Ο Τσαντήλας (1988), βρήκε θετική συσχέτιση, στατιστικά σημαντική ( $P=0.002$ ) μεταξύ του εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ B ( $HwsB$ ) και της περιεκτικότητας σε B των φύλλων ελιάς σε εδάφη

Πίν. 14. Εδαφικά test χρησιμοποιούμενα για τον προσδιορισμό του διαθέσιμου Βορίου.			
Εκχυλιστικό	Χρόνος εκχύλισης	Μέθοδος προσδιορισμού	Βιβλιογραφική πηγή
Ζέον H <sub>2</sub> O	5'	Quinalizarin	Berger and Truog, 1939
Ζέον H <sub>2</sub> O	5'	Azomethin-H	Gupta, 1979
Ζέον H <sub>2</sub> O	5'	Curcumin και 2-hydroxy-4chlorobe- nsophenol	Winker and Uppstrom, 1980
Ζέον H <sub>2</sub> O	10	Curcumin	Odom, 1980
0.01M CaCl <sub>2</sub> +0.05 Mannitol (pH 8.5)	1 h	ICP-AES	Cartwright et al, 1983
0.01 M Mannitol (pH 8.5)	"	"	"
0.01 M CaCl <sub>2</sub> (pH 8.5)	"	"	"
0.5 M NaHCO (pH 8.5)	"	"	"
1.0 M Ammon.Acet. (pH 7)	"	"	"
1.0 M Ammon.Acet. (pH 4.8)	"	"	"
Ζέον H <sub>2</sub> O (δείγμα σε πλα- στικές σακούλες)	7'	Azomethin-H	Mahler et al, 1984
1 M NaHCO <sub>3</sub> , 0.05 M DTPA	15'	ICP-AES	Gestring, Soltanpour, 1987
Εκχύλισμα Κορεσμού	-	"	"
Ζέον H <sub>2</sub> O	5'	"	"
0.01 M Mannitol-CaCl <sub>2</sub>	16 h	"	"
Ζέον 0.01 M CaCl <sub>2</sub>	10'	"	"
Ζέον 0.01 M CaCl <sub>2</sub>	5'	Azomethin-H	Jeffrey and McCallum, 1988
Ψυχρό H <sub>2</sub> O	24 h	ICP-AES ή Azom.-H	Bingham, 1982
0.02 M CaCl <sub>2</sub>	24 h	"	Jin et al, 1987
0.1 M NH <sub>2</sub> .OH.HCl σε	"	"	"
0.01 M HNO <sub>3</sub>	30'	"	"
0.175 M Ammonium Oxa- late (pH 3.25) υπό σκότος	4 h	"	"
0.175 M Ammonium Oxa- late (pH 3.25) υπό υπερι- ώδες φως (85 °C)	3 h	"	"
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> σύντηξη στους 950 °C	"	"	"
0.05 M HCl	5'	Curcumin	Ponnamperuma et al, 1981

του Ν. Μαγνησίας, ενώ ο Μπαρμπαγιάννης και συνεργάτες του (1990), βρήκαν θετική συσχέτιση μεταξύ Β εκχυλιζόμενου με ζέον 0.01 Μ  $\text{CaCl}_2$  και Β των φύλλων καλαμποκιού σε εδάφη Alfisols της Β. Ελλάδας.

Προκειμένου να ευρεθεί μία γενικά αποδεκτή μέθοδος προσδιορισμού του διαθέσιμου Β για τα ελληνικά εδάφη, ελέγχθηκαν από τις μεθόδους του πίν. 14, εκείνες που χρησιμοποιούνται ως εκχυλιστικά μέσα το ζέον ύδωρ, το διάλυμα 0.05 Ν  $\text{HCl}$ , το ψυχρό ύδωρ, το ψυχρό 0.01 Μ  $\text{CaCl}_2$ , το ψυχρό 0.02 Μ  $\text{CaCl}_2$  + 0.01 Μ mannitol, το 0.1 Μ  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$  σε 0.01 Μ  $\text{HNO}_3$ , το 0.175 Μ ammonium oxalate και το  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  με σύντηξη στους 950 °C. Το Β στο εκχύλισμα προσδιορίστηκε με Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES). Ο έλεγχος έγινε με φυτά ελιάς (*Olea europaea* sp.) και κριθής (*Avena sativa*, var. mamie). Οι τιμές των διαφόρων μορφών Β που προσδιορίστηκαν στα εδάφη που αναπτύσσονταν ελιές και η κριθή δίνονται στους πίνακες 15 και 16 αντίστοιχα.

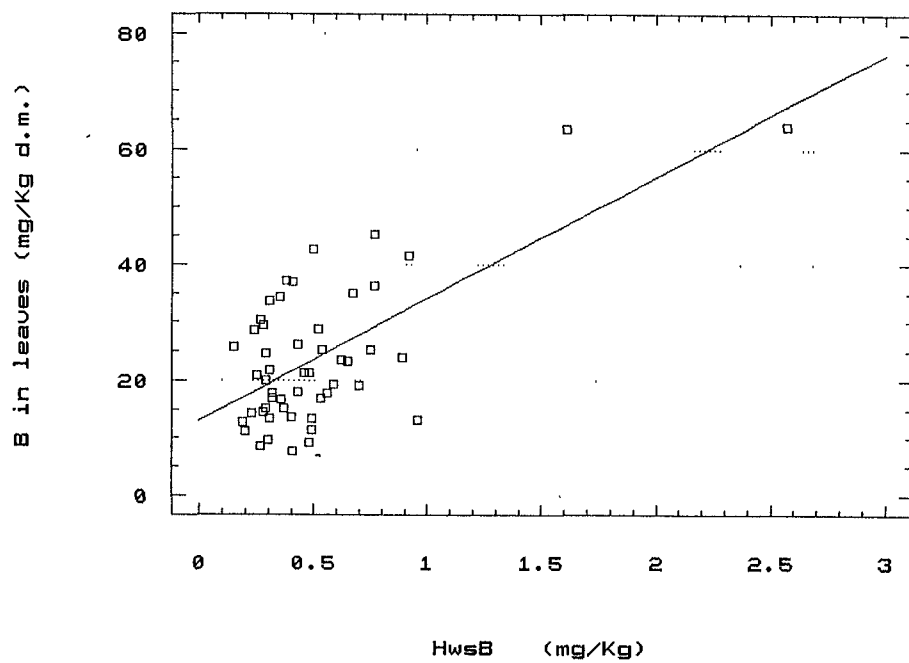
Προκειμένου να διαπιστωθεί εάν οι ποσότητες Β που εκχυλίζονται κατά τις προαναφερθείσες μεθόδους είναι αφομοιώσιμες, υπολογίσθηκε ο συντελεστής γραμμικής συμμεταβολής (r) και οι εξισώσεις απλής παλινδρόμησης μεταξύ του Β που εκχυλίζεται από τα εδάφη και του Β των ιστών των φύλλων της ελιάς και της κριθής που αναπτύσσονται στα αντίστοιχα εδάφη. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίν. 17 και τα σχ. 3-13.

Από τα δεδομένα αυτά φαίνεται ότι, για την ελιά, το Β που

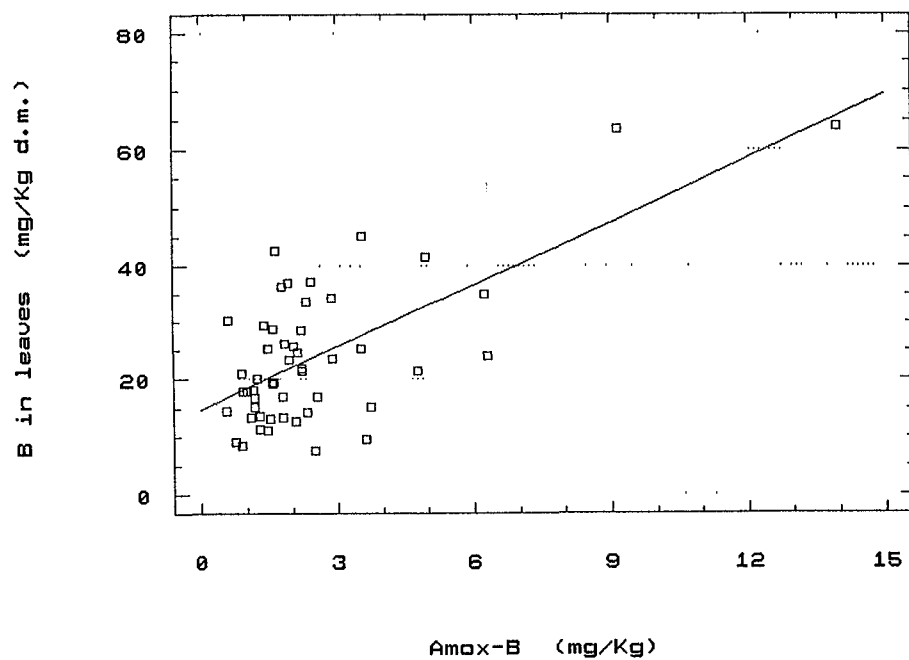
Πίν. 17. Συσχέτιση μεταξύ Βορίου εδαφών εκχυλιζόμενου με διάφορα εκχυλιστικά και Βορίου φύλλων καλλιέργειών που αναπτύσσονται σ'αυτά.

	Καλλιέργεια Ελιάς		Καλλιέργεια Κριθής	
	Συντελεστής απλής συμμεταβολής $r$ (n=51)	Εξίσωση απλής παλινδρόμησης	Συντελεστής απλής συμμεταβολής $r$ (n=20)	Εξίσωση απλής παλινδρόμησης
1.HwsB	0.67 ***	Y=13.00 + 21.05 X	0.95 ***	Y=-1.11 + 12.19 X
2.HCl-B	0.49 ***	Y=17.15 + 17.08 X	0.95 ***	Y=-0.28 + 12.25 X
3.CwsB	0.54 ***	Y=20.86 + 27.71 X	0.97 ***	Y= 3.13 + 18.51 X
4.CaCl2-B	0.54 ***	Y=20.39 + 27.02 X	0.95 ***	Y= 3.04 + 15.89 X
5.ManB	0.61 ***	Y=19.08 + 18.03 X	0.97 ***	Y= 2.34 + 9.91 X
6.MnB	0.65 ***	Y=14.18 + 14.35 X	0.95 ***	Y=-1.78 + 9.45 X
7.AmoX-B	0.67 ***	Y=14.71 + 3.64 X	0.87 ***	Y=-2.46 + 2.73 X

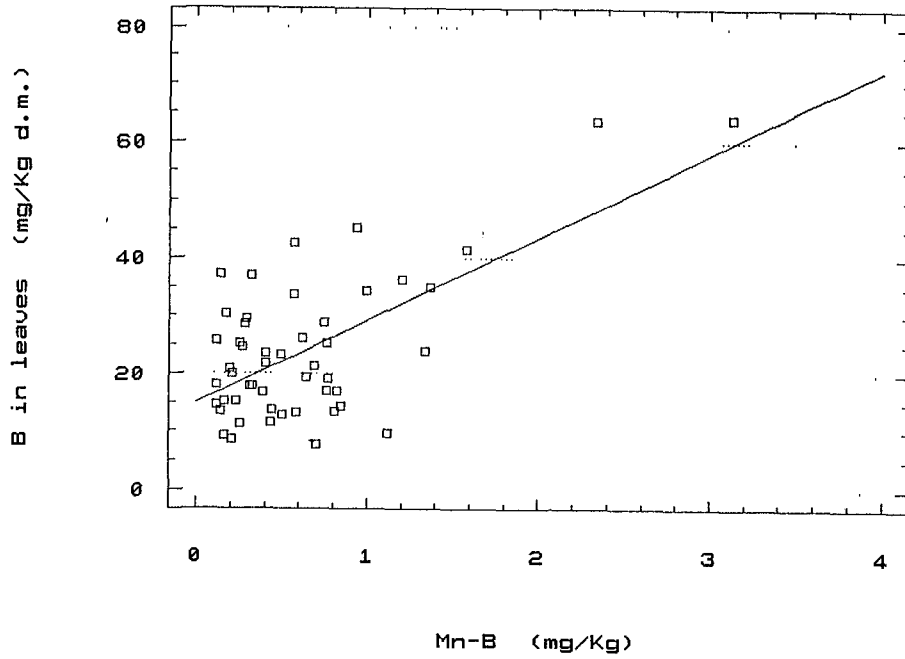
Σημ.: Y = Βόριο φύλλων, X = Εδαφικό Βόριο (μg/g εδ.)  
 \*\*\* : Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο P < 0.001



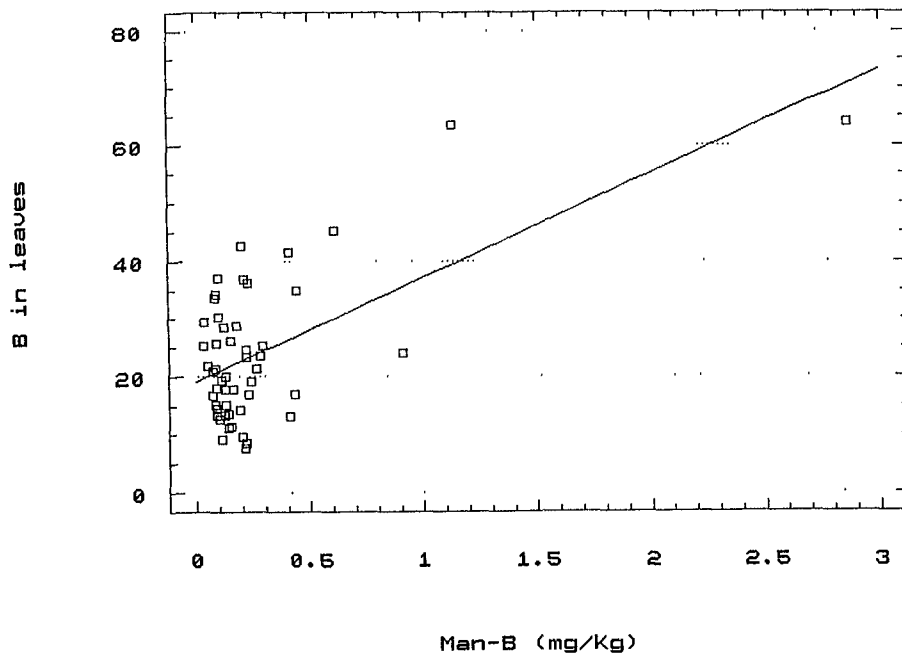
Σχ. 3. Σχέση εδαφικού Βορίου διαλυτού σε ζέον ύδωρ (HwsB) και Β φύλλων ελιάς



Σχ. 4. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με οξαλικό αμώνιο (Amax-B) και Βορίου φύλλων ελιάς



Σχ. 5. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με υδροχλωριούχο υδροξυλαμίνη (Mn-B) και Βορίου φύλλων ελιάς



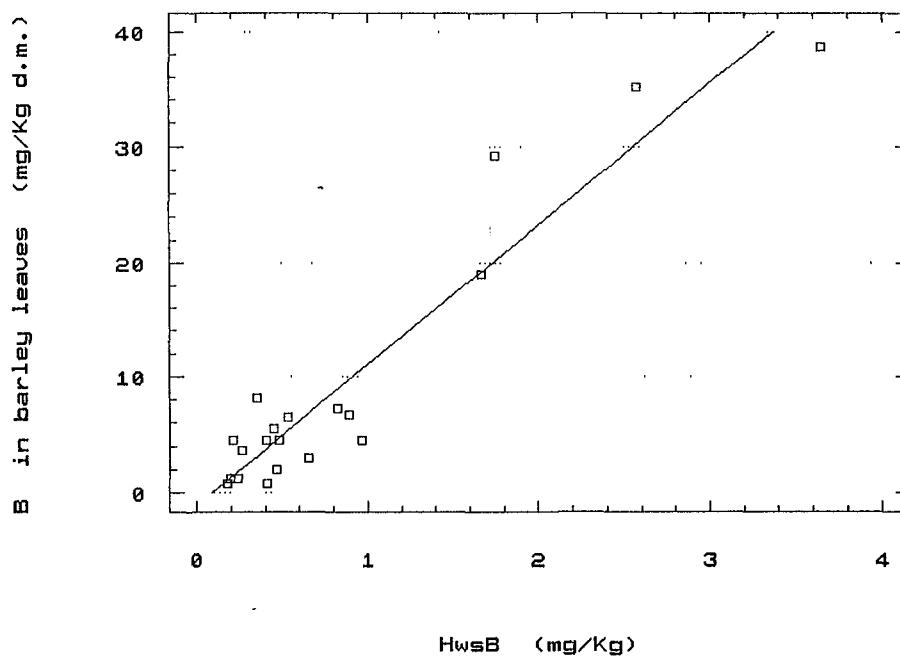
Σχ. 6. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με διάλυμα μαννιτόλης (Man-B) και Βορίου φύλλων ελιάς

εκχυλίζεται με ζέον ύδωρ και οξαλικό αμμώνιο συσχετίζεται καλύτερα με το B των φύλλων και επομένως αυτές οι μέθοδοι προσδιορισμού προσεγγίζουν περισσότερο τις αφομοιώσιμες μορφές B. Μικρότερη αλλά στατιστικά σημαντική συσχέτιση ( $P < 0.01$ ) παρουσιάζουν και οι ποσότητες B που εκχυλίζονται και με τις άλλες μεθόδους.

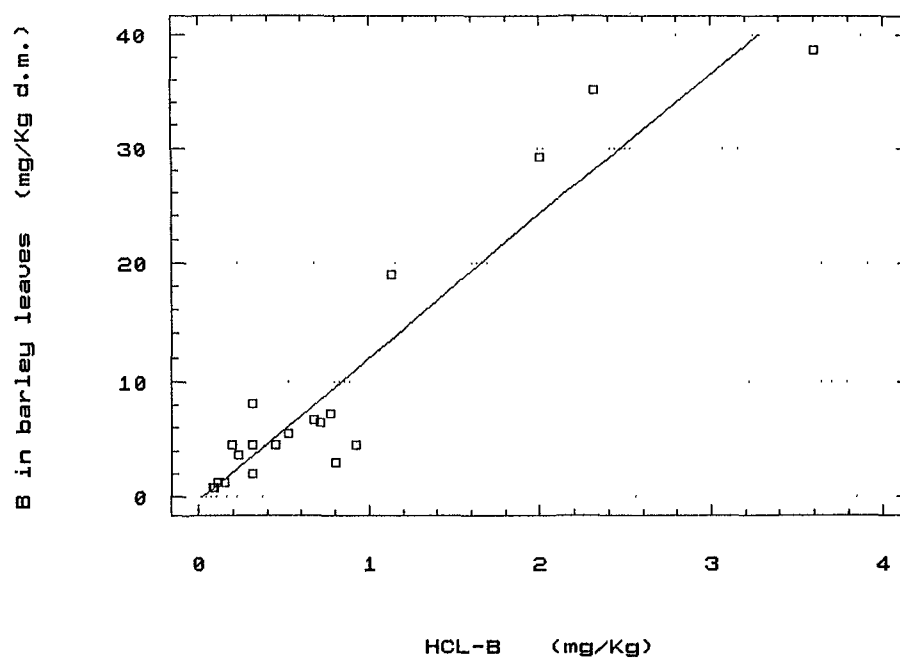
Γενικά σε ότι αφορά τις δενδροκαλλιέργειες δεν παρατηρείται συχνά ικανοποιητική συσχέτιση μεταξύ των διαφόρων μορφών των θρεπτικών στοιχείων των εδαφών και αυτών που απορροφούν τα φυτά. Τούτο οφείλεται στο ότι η απορρόφηση των θρεπτικών επηρεάζεται σημαντικά και από άλλους παράγοντες και ιδίως από το βάθος των εδαφών και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Οι Neilsen et al (1985), βρήκαν θετική συσχέτιση ( $r=0.68$ ,  $P < 0.001$ ) μεταξύ του HwsB από το βάθος 15 - 30 cm και B φύλλων ροδακινιάς σε εδάφη του Καναδά, εκτιμώντας το επιθυμητό εύρος στο επίπεδο 0.2 - 0.4 mg B/lit εδάφους. Από τις εξισώσεις 1 και 7 του πίν. 17, εάν τεθεί σαν επιθυμητή τιμή B στα φύλλα της ελιάς τα 20 mg/kg ξ.ο. (Γιάσογλου και συνεργάτες, 1991), προκύπτει ότι οι τιμές που εξασφαλίζουν επάρκεια B στην καλλιέργεια της ελιάς είναι για το βάθος 0 - 30 cm, για το HwsB  $\geq$  0.33 mg/kg εδ., και για το AmoxB  $\geq$  1.45 mg/kg εδ.

Αντίθετα για τις ετήσιες καλλιέργειες οι οποίες απορροφούν το μεγαλύτερο ποσοστό των θρεπτικών από το επιφανειακό στρώμα του εδάφους, παρατηρείται πολύ συχνά συσχέτιση μεταξύ των διαφόρων μορφών των θρεπτικών στα εδάφη και της περιεκτικότητας αυτών στα φύλλα των καλλιεργειών. Έτσι για

την καλλιέργεια της κριθής βρέθηκε να συσχετίζεται πολύ καλά το Β που εκχυλίζεται με τα εκχυλιστικά, που αναφέρθηκαν παραπάνω με το Β των ιστών των φύλλων αυτής (σχ. 7-13).

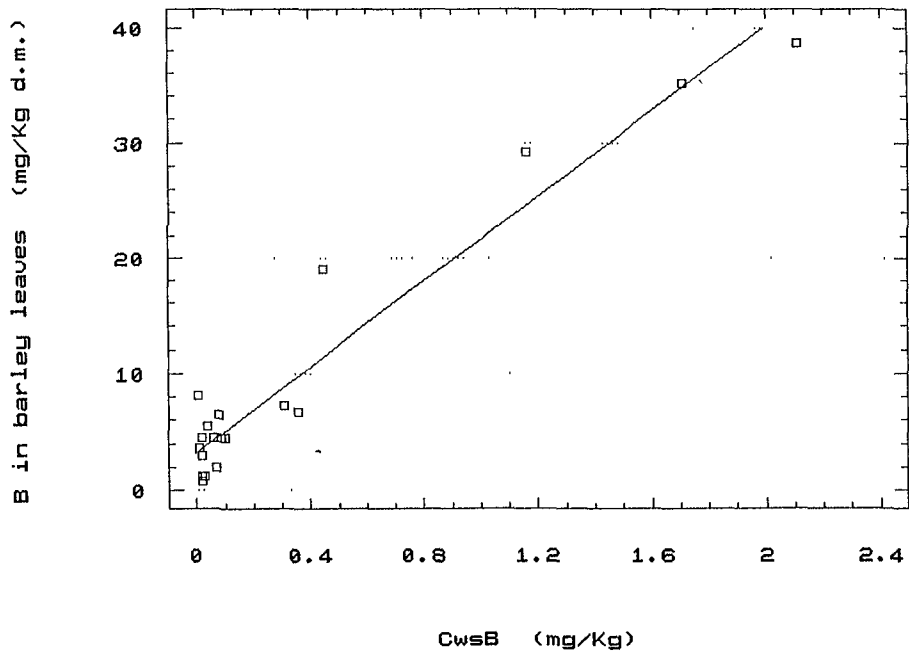


Σχ. 7. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και Βορίου φύλλων κριθής

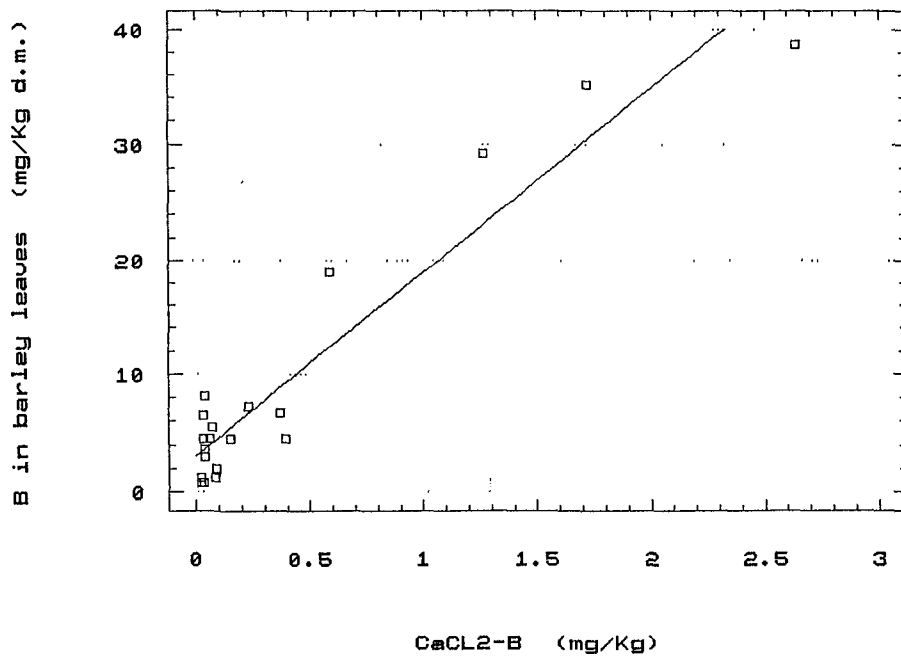


Σχ. 8. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με αραιό διάλυμα HCl (HCL-B) και Βορίου φύλλων κριθής

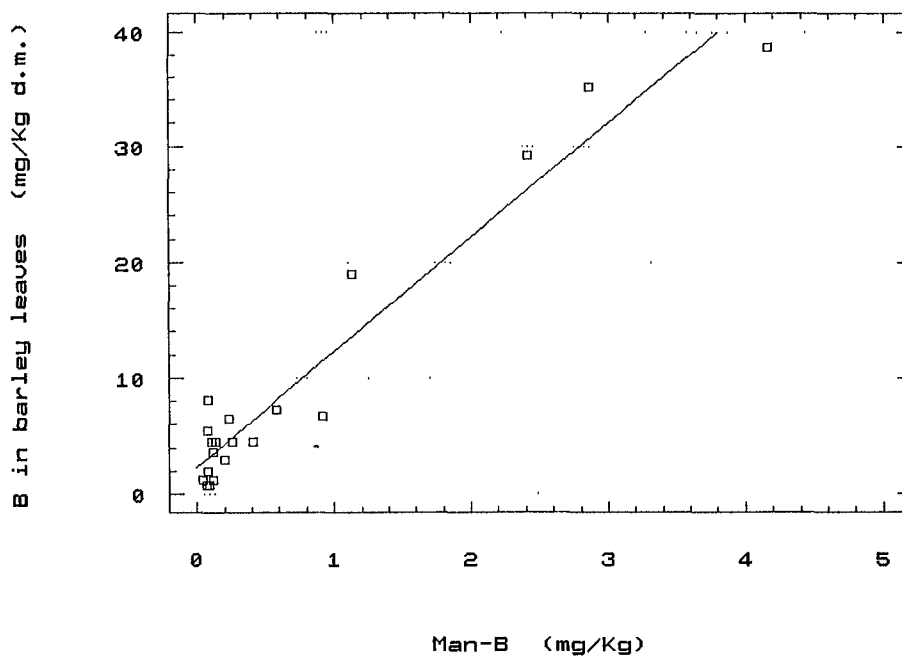




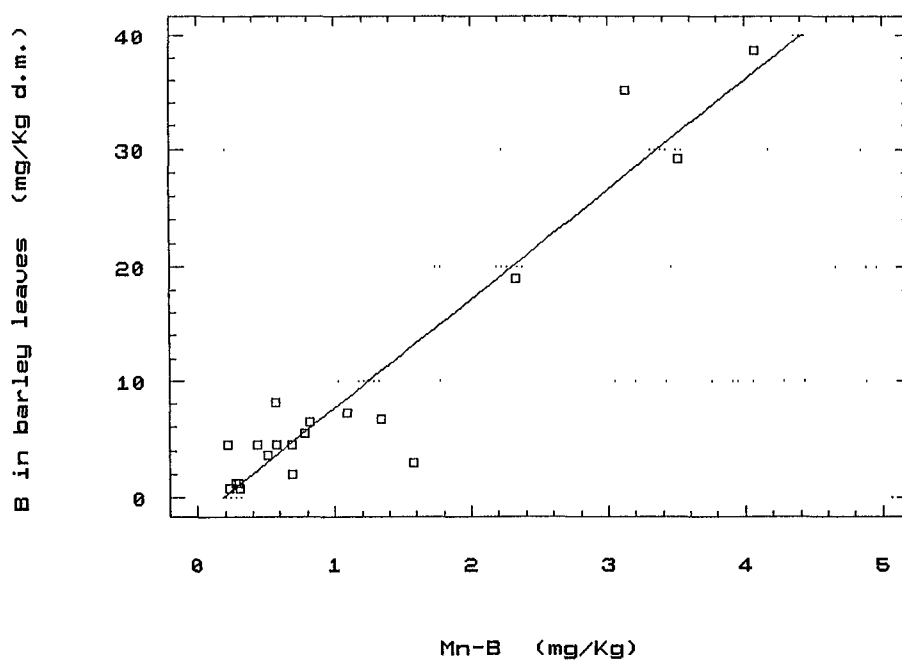
Σχ. 9. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με ψυχρό ύδωρ (CwsB) και Βορίου φύλλων κριθής



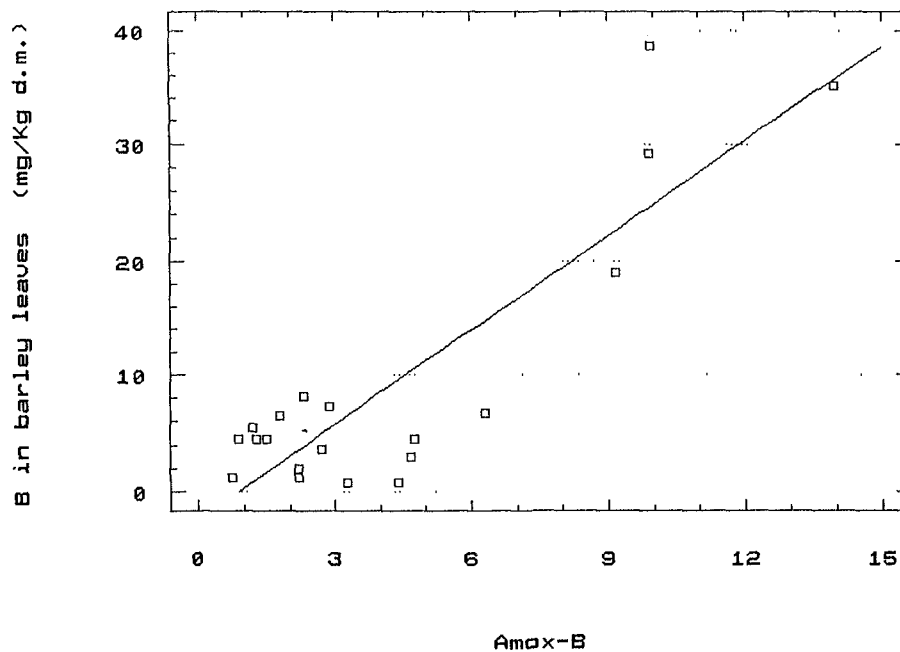
Σχ. 10. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με αραιό διάλυμα CaCl<sub>2</sub> (CaCl<sub>2</sub>-B) και Βορίου φύλλων κριθής



Σχ. 11. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με διάλυμα μαννιτόλης (Man-B) και Βορίου φύλλων κριθής



Σχ. 12. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με υδροχλωριούχο υδροξυλαμίνη (Mn-B) και Βορίου φύλλων κριθής



Σχ. 13. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με οξαλικό αμμώνιο (Amox-B) και Βορίου φύλλων κριθής

Οι Gupta and Cutcliffe (1971), βρήκαν ότι για φυτά Brassica το άριστο επίπεδο HwsB είναι 1.1 - 1.8 mg/kg εδ., ο Woodruff (1979), προσδιόρισε το επίπεδο επάρκειας του Β που εκχυλίζεται με το διάλυμα Morgan (1941), στα 0.05 mg/kg εδ., οι Gupta and Cutcliffe (1984), παρατήρησαν ότι όταν το HwsB ήταν μεγαλύτερο από 1.4 - 1.9 mg/kg εδ., φυτά brassica παρουσίαζαν τοξικότητα Β, ενώ αναπτύσσονταν κανονικά, όταν το HwsB κυμαίνονταν από 0.8 - 1.2 mg/kg, ενώ ο Blatt (1982), παρατήρησε ότι η καλλιέργεια φράουλας αντιδρά στη βοριούχο λίπανση όταν το HwsB ισούται με 0.15 - 0.25 mg/kg εδ. Ο Stinson (1952), βρήκε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ HwsB και Β φύλλων μπιδικής, προσδιορίζοντας το επίπεδο επάρκειας στα 0.5 mg/kg εδ. για βαριά εδάφη και στα 0.3 mg/kg εδ. για αμμώδη εδάφη.

Ο Ronnamperuma et al (1981), βρήκαν ισχυρή συσχέτιση μεταξύ Β φύλλων ρυζιού και HwsB καθώς και Β που εκχυλίζεται με 0.05 N HCl, ενώ οι Jin et al (1987), βρήκαν ότι το CwsB είναι διαθέσιμο σε ικανοποιητικό βαθμό σε φυτά καλαμποκιού.

Από τον πίν. 17 φαίνεται ότι όλες οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν προσδιορίζουν διαθέσιμες μορφές Β στην καλλιέργεια της κριθής. Την καλύτερη συσχέτιση παρουσιάζει το HwsB και το ManB. Ο Gupta (1972), παρατήρησε ότι η περιεκτικότητα Β σε φυτά κριθής στο στάδιο του καλαμώματος 2 - 5 mg/kg ξ.ο. δείχνει τροφопενία Β, ενώ τοξικότητα εκδηλώνεται όταν η περιεκτικότητα Β είναι μεγαλύτερη των 15 mg/kg ξ.ο. Με βάση τα δεδομένα αυτά και τις αντίστοιχες εξισώσεις του πίν. 17 υπολογίζεται ότι οι τιμές που οδηγούν την κριθή σε τροφопενία και τοξικότητα Β αντίστοιχα είναι για τις διάφορες μεθόδους προσδιορισμού του εδαφικού Β οι ακόλουθες :

	<u>Τροφопενία</u>	<u>Τοξικότητα</u>
<u>HwsB:</u>	0.26 - 0.50 mgB/kg εδ.	> 1.32 mgB/kg εδ.
<u>HClB:</u>	0.11 - 0.43 " "	> 1.25 "
<u>CwsB:</u>	< 0.10 " "	> 0.65 "
<u>CaCl<sub>2</sub>B:</u>	<0.12 " "	> 0.75 "
<u>ManB:</u>	<0.27 " "	> 1.28 "
<u>MnB:</u>	0.40 - 0.72 " "	> 1.78 "
<u>AmoxB:</u>	1.63 - 2.73 " "	> 6.40 "

Ένα σοβαρό πρόβλημα στην ανάπτυξη της έρευνας στη χώρα μας που σχετίζεται με το Β είναι οι δυσκολίες που υπάρχουν στον εργαστηριακό προσδιορισμό του. Αυτές αναφέρονται κυρίως

στο στάδιο της εκχύλισης και σχετίζονται με τη μόλυνση με Β που προκαλούν τα υάλινα σκεύη, όταν χρησιμοποιούνται εν θερμώ, καθώς και το χρωματισμό του εκχυλίσματος, έτσι ώστε να είναι δύσκολη η χρήση φασματοφωτομετρικής μεθόδου προσδιορισμού του Β. Για την αντιμετώπιση των δυσκολιών αυτών έγινε αρκετή προσπάθεια από πολλούς ερευνητές.

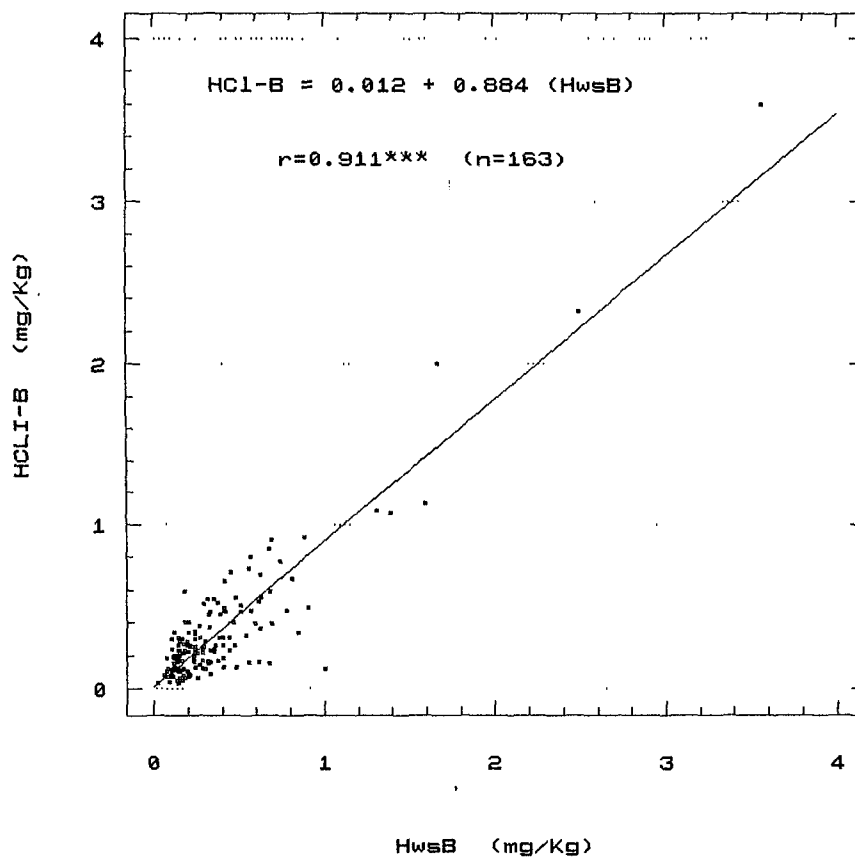
Ο Gupta (1967), πριν την εκχύλιση επεξεργαζόταν τα υάλινα σκεύη με πυκνό HCl (weathering) για την ελαχιστοποίηση της απελευθέρωσης Β από αυτά, ενώ ο ίδιος (1979), προκειμένου το εκχύλισμα να είναι άχρωμο, πρόσθετε κατάλληλη ποσότητα ενεργού άνθρακα. Ο Mahler et al (1984), χρησιμοποίησε για την εκχύλιση αντί φιάλης pyrex πλαστικές σακούλες, τις οποίες εμβάπτιζε με το εδαφικό δείγμα εντός ζέοντος ύδατος επί 7'. Ο Wikner (1986), μελέτησε διάφορες πηγές λάθους που υπεισέρχονται στην ανάλυση του Β, όπως ο χρόνος εκχύλισης, η μόλυνση από υάλινα σκεύη, οι απώλειες Β κατά την εκχύλιση, το Νο πημών κ.ά. και οι Jeffrey and McCallum (1988), αντί ύδατος χρησιμοποίησαν για την εκχύλιση 0.01 M CaCl<sub>2</sub>.

Από τις μεθόδους εκχύλισης που αναφέρθηκαν παραπάνω, εκτός εκείνης που χρησιμοποιεί ζέον ύδωρ, σε όλες τις άλλες η εκχύλιση γίνεται εν ψυχρώ και με χρήση πλαστικών φιαλών. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν σαν εκχυλιστικό διάλυμα 0.05 N HCl και 0.01 M CaCl<sub>2</sub> δίνουν διαυγή εκχυλίσματα και μπορούν να συνδυαστούν άριστα με τη μέθοδο της azomethine - H, η οποία είναι πολύ απλή και ταχεία.

#### 4.3.1. Σύγκριση του HwsB και του HC1B.

Από τα δεδομένα των πιν. 15 και 16 προκύπτει ότι το HwsB

και το HClB συσχετίζονται ισχυρά ( $r=0.90^{***}$  και  $r=0.98^{***}$  αντίστοιχα). Το ίδιο προκύπτει και από το συνδυασμό όλων των σχετικών δεδομένων των πιν. 7-12 ( $n=163$ ), απ'τα οπο(α προέκυψε το σχ. 14. Τα δεδομένα αυτά δείχνουν ότι το αραιό διάλυμα HCl, (0.05 M), εκχυλίζει B από τις ίδιες πηγές με το ζέον ύδωρ. Δεδομένης δε της πολύ καλής συσχέτισης που παρουσιάζουν οι τιμές αυτού με το B των φύλλων της ελιάς και της κριθής ( $r=0.49^{***}$ ,  $n=51$  και  $r=0.95^{***}$ ,  $n=20$ , αντίστοιχα), μπορεί να χρησιμοποιείται σαν εκχυλιστικό προσδιορισμού του διαθέσιμου B, τουλάχιστο για τις καλλιέργειες αυτές.



Σχ. 14. Σχέση εδαφικού Βορίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και Βορίου εκχυλιζόμενου με διάλυμα 0.01 N HCl (HClI-B)

Η διαδικασία εκχύλισης που είναι πολύ απλή και ταχεία περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

10 g αεροξηρανθέντος εδάφους ανακινούνται με 20 ml διαλύματος 0.05 N HCl σε πλαστική φιάλη των 50 ml επί 5', στη συνέχεια γίνεται ψυγοκέντρηση και διήθηση και προσδιορίζεται το B στο υπερκείμενο με τη μέθοδο της azomethine-H.

Σύγκριση των τιμών κατά ζεύγη για το σύνολο των δειγμάτων (n=163), έδειξε ότι το 0.05 M HCl είναι ασθενέστερο εκχυλιστικό σε σύγκριση με το ζέον ύδωρ (t=2.25\*\*\*). Το ίδιο παρατηρήθηκε και για τα εδάφη, στα οποία καλλιεργείται ελιά (t=5.20\*\*\*, n=51), ενώ για τα εδάφη στα οποία καλλιεργήθηκε κριθή οι τιμές B για τις δύο μεθόδους προσδιορισμού δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (t=1.79, ns).

#### 4.4. Κλασμάτωση Εδαφικού Βορίου.

Για τη μελέτη της διαθεσιμότητας και της απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά είναι θεμελιώδες να γνωρίζουμε την κατανομή τους σε διάφορα κλάσματα. Αρκετή έρευνα έγινε μέχρι σήμερα για τη μελέτη της κατανομής των κλασμάτων διαφόρων θρεπτικών, όπως ο φωσφόρος, ο ψευδάργυρος, ο χαλκός κ.α. [Chang and Jackson (1957), Iyenger et al (1981), McLaren and Crawford (1973)]. Όπως αναφέρθηκε και στο εισαγωγικό μέρος, το B υπάρχει σε διάφορες μορφές στα εδάφη και μπορεί να διακριθεί σε πολλές κατηγορίες (Evans and Sparks, 1983). Η έρευνα όμως πάνω στην κλασμάτωση του B και στη διαθεσιμότητα του κάθε κλάσματος στα φυτά είναι σχετικά περιορισμένη (Jin et al, 1987).

Η κλασμάτωση των θρεπτικών βασίζεται στην παραδοχή ότι ορισμένα εκχυλιστικά μπορούν να αποσπούν με επιλεκτικό τρόπο συστατικά των εδαφών και μαζί τους να απελευθερώνουν και τα θρεπτικά που συγκρατούνται πάνω σ' αυτά. Στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκε η διαδικασία κλασμάτωσης του Β που προτείνουν οι Jin et al (1987), η οποία βασίζεται στις ακόλουθες παραδοχές:

- Το νερό στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος παραλαμβάνει το Β του εδαφικού διαλύματος (CwsB).
- Το αραιό διάλυμα (0.02 M)  $\text{CaCl}_2$  στη θερμοκρασία περιβάλλοντος εκχυλίζει το μη ειδικά προσροφημένο Β στην επιφάνεια των εδαφικών συστατικών, Iyenger et al (1981), Rhoades et al (1970), και το Β του εδαφικού διαλύματος (NsaB).
- Το διάλυμα 0.01 M Mannitol σε 0.02 M  $\text{CaCl}_2$  σε θερμοκρασία περιβάλλοντος εκχυλίζει τις προηγούμενες μορφές Β και επί πλέον το ειδικά προσροφημένο Β στα αργιλλικά ορυκτά (Rhoades et al, 1970), (SaB).
- Το διάλυμα 0.1 M  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$  σε 0.01 M  $\text{HNO}_3$  σε θερμοκρασία περιβάλλοντος διαλυτοποιεί τα οξείδια του Μn των εδαφών αφήνοντας ανεπηρέαστο το μεγαλύτερο μέρος των οξειδίων του Fe (Chao, 1972). Έτσι πέραν των προηγούμενων μορφών Β εκχυλίζει και το Β που είναι συγκρατημένο στα οξείδια του Μn, (MnoB).
- Το διάλυμα 0.175 M  $\text{NH}_4\text{-oxalate}$  (pH 3.25) σε θερμοκρασία περιβάλλοντος εκχυλίζει τα άμορφα οξείδια του Fe και Al (Jin et al, 1987). Έτσι μαζί με τις προηγούμενες μορφές Β παραλαμβάνεται και το Β που είναι συγκρατημένο στα άμορφα οξείδια του Fe και Al, (FeoB).



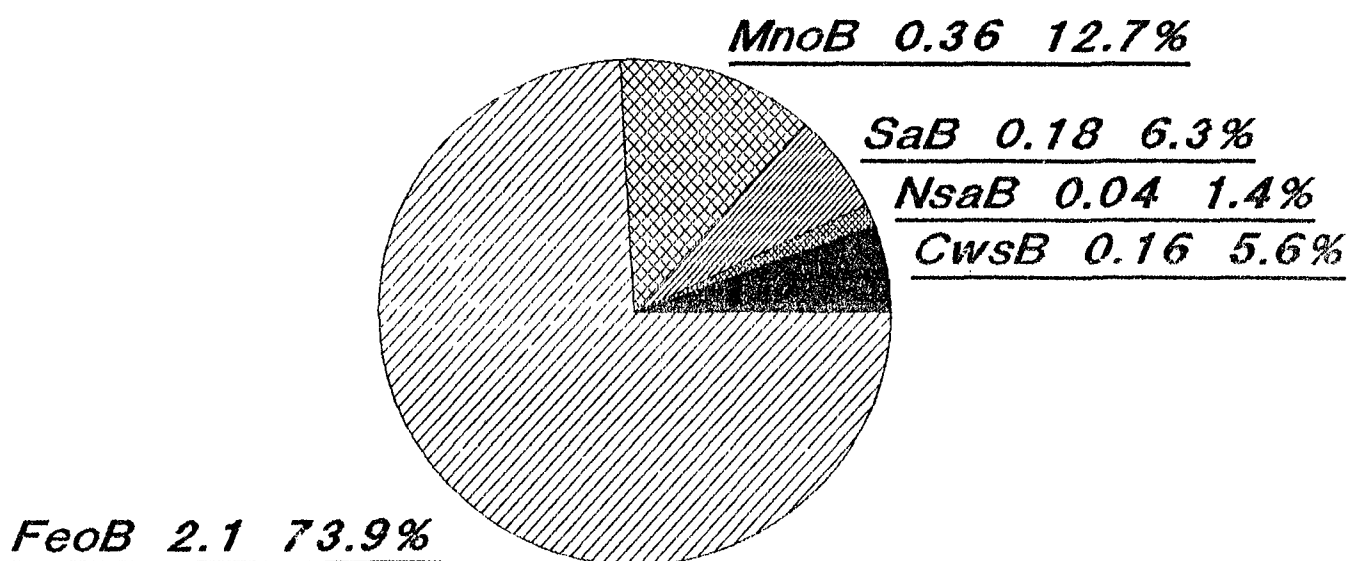
Η διαφορά όλων των παραπάνω μορφών Β από το ολικό Β των εδαφών είναι το Β που συγκρατείται στα κρυσταλλικά οξείδια του Fe και τα αργιλλικά ορυκτά, (ResB). Στην παρούσα εργασία δεν προσδιορίστηκε το Β που συνδέεται με τα κρυσταλλικά οξείδια του Fe, επειδή το διθειονικό νάτριο που χρησιμοποιείται για την εκχύλισή τους επιδρά έντονα στο πλέγμα των αργιλλικών ορυκτών καταστρέφοντας πιθανόν μέρος αυτών, οπότε εκχυλίζεται και Β που υπάρχει σ' αυτά.

- Τέλος η σύντηξη του εδαφικού δείγματος παρουσία  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  στους 1000 °C και η διάλυση με διάλυμα 6N HCl εκχυλίζει το σύνολο του Β που υπάρχει στο έδαφος υπό οποιαδήποτε μορφή (TotB).

Πλήρης κλασμάτωση, όπως περιγράφηκε παραπάνω, έγινε σε 50 εδαφικά δείγματα προερχόμενα από όλες τις κατηγορίες εδαφών (πίν. 17α, παράρτημα), ενώ κλασμάτωση μέχρι του προσδιορισμού και του FeoB έγινε στο σύνολο των εδαφικών δειγμάτων των πίν. 7-12. Τα αποτελέσματα δίνονται στον πίν. 12α (παράρτημα).

Όπως φαίνεται στον πίν.18 (παράρτημα), το ολικό Β των εδαφών κυμαίνεται σε πολύ ευρέα όρια (29.7 - 259.1 μg/g εδ.) με μέση τιμή 109.9 μg/g εδ. Από το ολικό Β τα εδαφικά κλάσματα CwsB, NsaB, SaB, MhoB και FeoB καταλαμβάνουν ποσοστά από 0.5 - 9.4 % αυτού, ενώ το HwsB και HC1B από 0.06 - 2.58 % και από 0.03 - 2.61 % αντίστοιχα. Τα άλλα κλάσματα εδαφικού Β, όπως φαίνεται στον πίν. 17α (παράρτημα), καλύπτουν ανάλογα μικρά ποσοστά του ολικού Β. Το μεγαλύτερο ποσοστό του ολικού Β από τα κλάσματα αυτά καταλαμβάνει το κλάσμα Β που συνδέεται

με τα άμορφα οξείδια του Fe ανερχόμενο μέχρι 7.27 % και ακολουθεί το κλάσμα B που συνδέεται με τα οξείδια του Mn ανερχόμενο μέχρι 2.36 %. Τα δύο αυτά τελευταία κλάσματα καταλαμβάνουν αντίστοιχα το 73.9 % και 12.7 % του συνόλου των παραπάνω εδαφικών κλασμάτων (σχ.15). Ο Gupta (1968), βρήκε σε εδάφη podzol με ολικό B από 35 - 124 μg/g εδ. ότι το ποσοστό του HwsB σ'αυτό κυμαίνονταν από 0.44 -4.69 % .



Σχ. 15. Κατανομή κλασμάτων εδαφικού Βορίου

FeoB: Βόριο συνδεόμενο με τα άμορφα sesquioxides

MnOB: Βόριο συνδεόμενο με τα οξείδια του Mn

SaB: Βόριο προσροφημένο με ειδικό τρόπο

NsaB: Βόριο μη ειδικά προσροφημένο

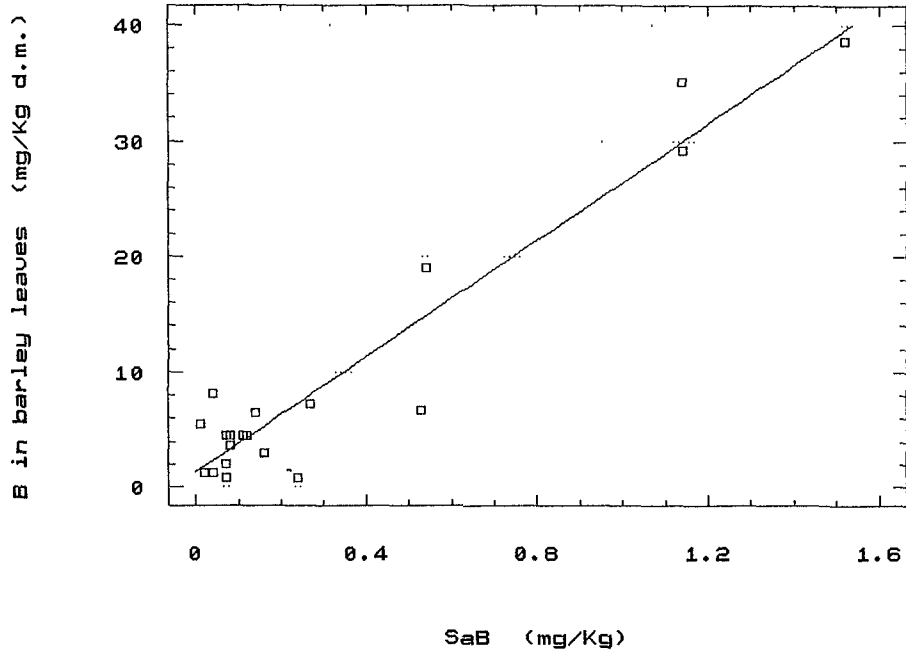
CwsB: Βόριο εδαφικού διαλύματος

#### 4.4.1. Διαθεσιμότητα Κλασμάτων Εδαφικού Βορίου.

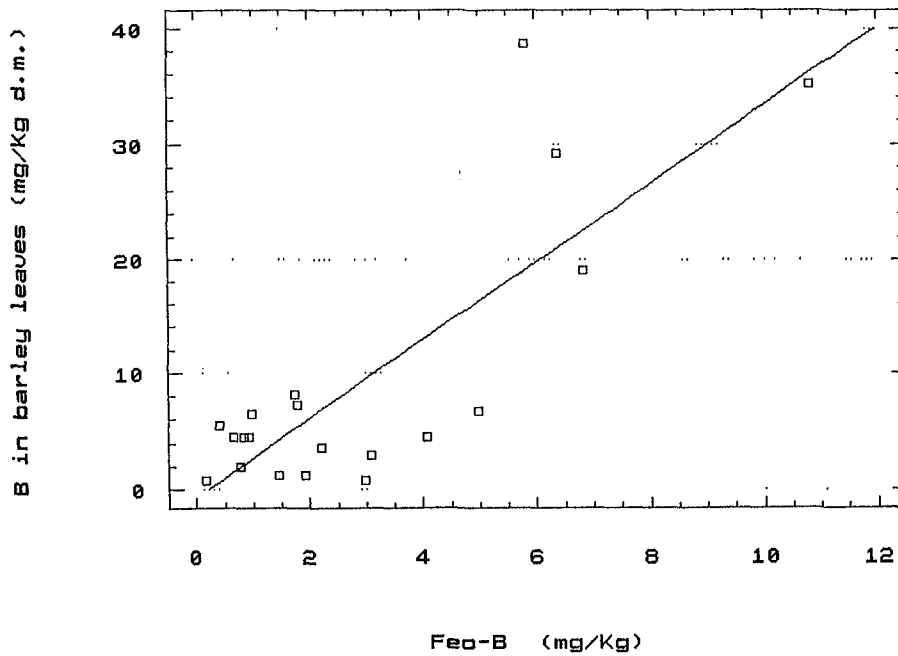
Ο έλεγχος της διαθεσιμότητας των κλασμάτων Β έγινε με τον ίδιο τρόπο που χρησιμοποιήθηκε και για τον έλεγχο της διαθεσιμότητας του HwsB και του HC1B και με τις ίδιες καλλιέργειες. Τα δεδομένα παρουσιάζονται στους πίνακες 18 και 19 (παράρτημα). Από αυτά προέκυψαν οι σχέσεις του πίν. 20 και τα σχήματα 16-21.

Πίν. 20. Διαθεσιμότητα κλασμάτων εδαφικού Βορίου			
Καλλιέργεια Ελιάς		Καλλιέργεια Κριθής	
Εξίσωση παλινδρόμησης	Συντ. συσχ. (r)	Εξίσωση παλινδρόμησης	Συντ. συσχ. (r)
1. CwsB: $Y=20.85+27.77X$	0.54***	1. CwsB: $Z=3.17+18.5X$	0.97***
2. NsaB: -	0.07 ns	2. NsaB: $Z=5.60+67.31X$	0.68**
3. SaB: $Y=19.91+25.51X$	0.47***	3. SaB: $Z=1.28+25.17X$	0.96***
4. MnoB: $Y=18.46+14.6X$	0.36***	4. MnoB: -	0.11 ns
5. FeoB: $Y=15.42+4.43X$	0.65***	5. FeoB: $Z=-0.71+3.41X$	0.81***
6. $Y=13.95+8.06(CwsB)+$ $+8.56(MnoB)+3.09(FeoB)$	0.68***	6. $Z=0.82+18.66(CwsB)+$ $+4.95(MnoB)$	0.98***

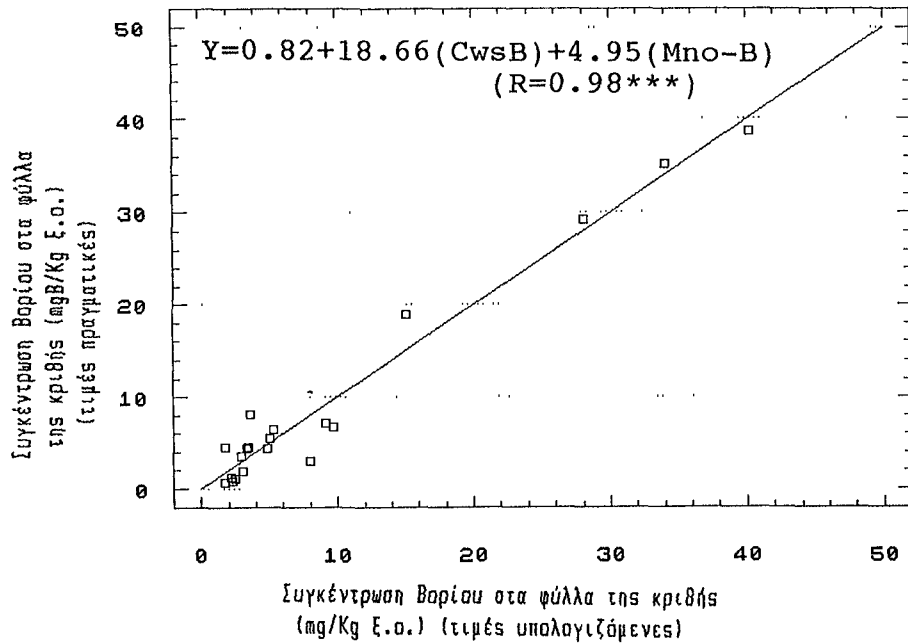
Σημ.: Y=Βόριο ιστών φύλλων ελιάς, Z=Βόριο ιστών φύλλων κριθής, X=Κλάσμα Βορίου, \*\*,\*\*\*,ns: Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο πιθανότητας 0.01, 0,001,μη σημαντικό αντίστοιχα.



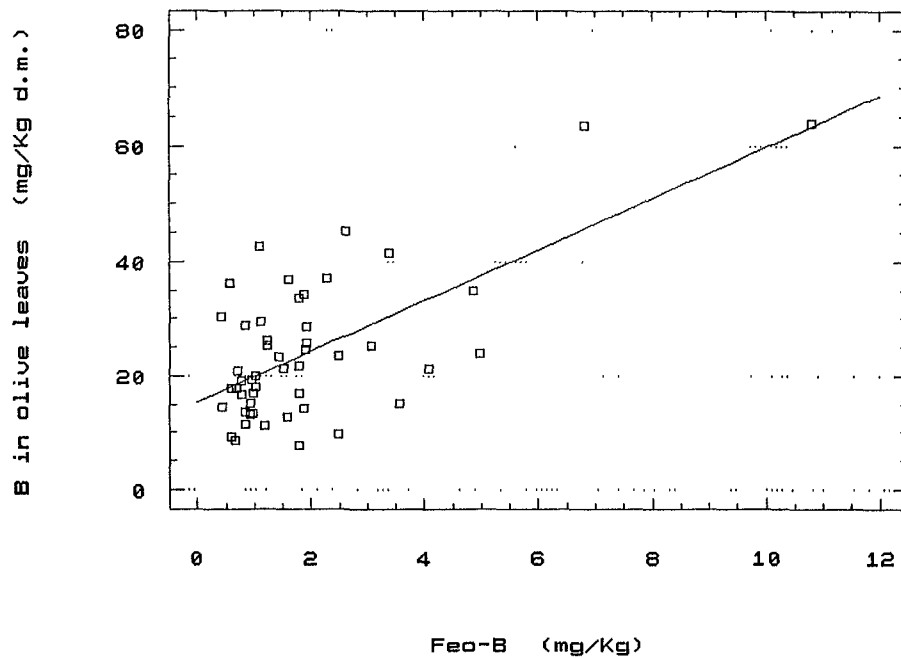
Σχ. 16. Σχέση εδαφικού Βορίου ειδικά προσροφημένου (SaB) και Βορίου φύλλων κριθής



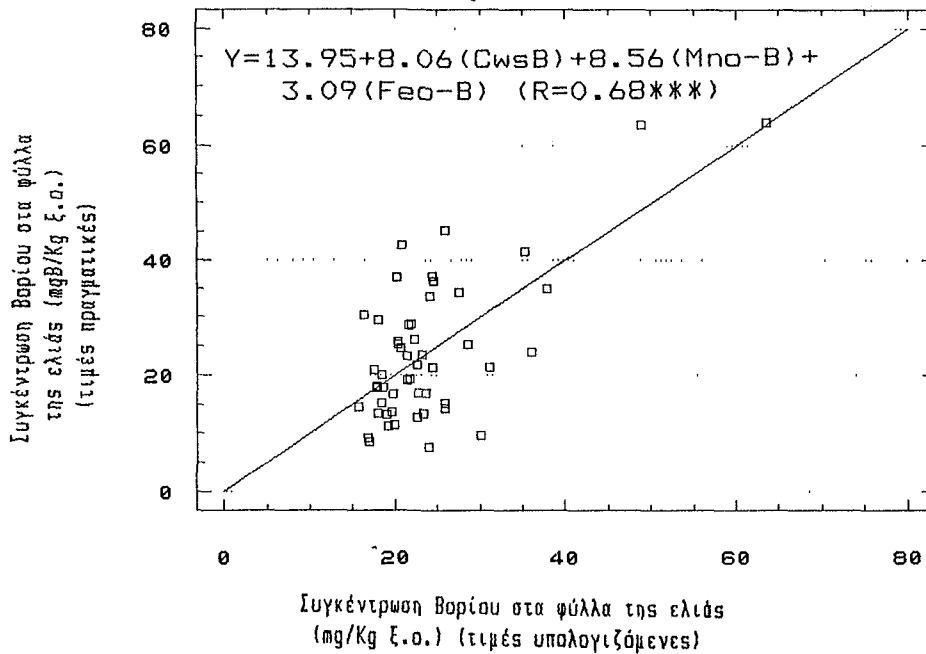
Σχ. 17. Σχέση εδαφικού Βορίου συνδεόμενου με τα άμορφα sesquioxides (Feo-B) και Βορίου φύλλων κριθής



Σχ. 18. Σχέση Βορίου εδαφικού διαλύματος (CwsB) και Βορίου συνδεόμενου με τα οξείδια του Mn (Mno-B) και Βορίου φύλλων κριθής



Σχ. 19. Σχέση εδαφικού Βορίου συνδεόμενου με τα άμορφα sesquioxides (Feo-B) και Βορίου φύλλων ελιάς



Σχ. 20. Σχέση Βορίου εδαφικού διαλύματος (CwsB) και Βορίου συνδεόμενου με τα οξείδια του Mn (Mno-B) και τα άμορφα sesquioxides (Feo-B) και Βορίου φύλλων ελιάς(Y)

Για την καλλιέργεια της ελιάς, εκτός από το μη ειδικά προσροφημένο B (NsaB), όλα τα άλλα κλάσματα του B παρουσίασαν καλή συσχέτιση με την περιεκτικότητα σε B των ιστών των φύλλων και φαίνεται από το γεγονός αυτό ότι είναι διαθέσιμα στα φυτά. Το NsaB δεν παρουσίασε ικανοποιητική συσχέτιση με το B των φύλλων πιθανώς λόγω του μικρού εύρους της διακύμανσής του.

Το πλέον διαθέσιμο από όλα τα κλάσματα του B φαίνεται ότι είναι το B που συνδέεται με τα άμορφα οξείδια του Fe (FeoB) και το B του εδαφικού διαλύματος (CwsB). Επίσης αρκετά καλή συσχέτιση με το B των φύλλων παρουσίασε και το ειδικά προσροφημένο B (SaB).

Στην εξίσωση πολλαπλής παλινδρόμησης που προέκυψε με επιλογή των μεταβλητών με συνδυασμό των τεχνικών "*stepwise regression*" και "*forward elimination*", φαίνεται ότι το 46 % της παραλλακτικότητας του B των ιστών των φύλλων της ελιάς

καθορίζεται από τα κλάσματα CwsB, MnoB και FeoB (πίν.20).

Για την καλλιέργεια της κριθής εκτός από το B που συνδέεται με τα οξειδία του Mn (MnoB), όλα τα άλλα κλάσματα έδειξαν ισχυρή συσχέτιση με το B των φύλλων. Από αυτά την καλύτερη συσχέτιση παρουσίασαν το CwsB και SaB ( $r=0.97***$  και  $0.96***$  αντίστοιχα). Σε εξίσωση δε πολλαπλής παλινδρόμησης που προέκυψε με την ίδια μέθοδο, όπως και προηγουμένως, φαίνεται ότι το 96 % της παραλλακτικότητας της περιεκτικότητας σε B των φύλλων της κριθής καθορίζεται από τα κλάσματα CwsB και MnoB (πίν.20).

Το CwsB και το NsaB εκφράζουν το B του εδαφικού διαλύματος και το πολύ ασθενώς συγκρατημένο στα εδαφικά συστατικά B και θεωρούνται σαν οι *παράγοντες έντασης (intensity factors)* του B των εδαφών. Από το SaB, το οποίο εκφράζει το B που είναι ειδικά προσροφημένο στην άργιλλο και στην οργανική ουσία των εδαφών και το MnoB απελευθερώνονται σταδιακά ποσότητες B κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των καλλιεργειών και θεωρούνται σαν *παράγοντες ποσότητας (quantity factors)* του B των εδαφών. Αντίθετα το B που συνδέεται με τα οξειδία του Fe θεωρείται σαν μη διαθέσιμο στα φυτά (Jin et al, 1987). Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας συμφωνούν με τα παραπάνω σε όλα, εκτός εκείνων τα οποία αναφέρονται στο B που συνδέεται με τα οξειδία του Fe (FeoB). Το FeoB τόσο για την καλλιέργεια της ελιάς όσο και για την κριθή φαίνεται ότι αποτελεί μορφή B αρκετά διαθέσιμη και για τα μελετούμενα εδάφη πρέπει να συμπεριληφθεί με τα SaB και MnoB στους παράγοντες ποσότητας του εδαφικού B.

#### 4.5. Σχέσεις Μορφών Βορίου και Εδαφικών Ιδιοτήτων

Για την πρόβλεψη της ικανότητας των εδαφών να παρέξουν Β στα φυτά, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τις σχέσεις αυτού με τις διάφορες εδαφικές ιδιότητες. Ανάλογη έρευνα για το Β είναι σχετικά περιορισμένη και τούτο οφείλεται κυρίως στις δυσκολίες που παρουσιάζει ο εργαστηριακός προσδιορισμός αυτού, που σε πολλές περιπτώσεις είναι πολύ χρονοβόρος. Η υπάρχουσα έρευνα περιορίζεται στην διερεύνηση των σχέσεων του HwsB κυρίως και μερικών εδαφικών ιδιοτήτων.

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια εκτενής διερεύνηση των σχέσεων των διαφόρων μορφών Β και των εδαφικών ιδιοτήτων που τις επηρεάζουν.

##### 4.5.1. Σχέση HwsB και Εδαφικών Ιδιοτήτων.

Το Βόριο που εκχυλίζεται με ζέον ύδωρ από πολλές δεκαετίες θεωρείται ότι περιλαμβάνει διαθέσιμες στα φυτά μορφές. Αυτό δείχτηκε και από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας (κεφ.4.3). Για το λόγο αυτό κατά καιρούς ερευνήθηκε η σχέση του με τις εδαφικές ιδιότητες. Πολλοί ερευνητές βρήκαν σημαντική συσχέτιση μεταξύ HwsB και της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία των εδαφών (Berger and Truog, 1945, Gupta, 1968, Page and Paden, 1945, Martens, 1968, Τσαντήλας, 1988) καθώς και μεταξύ αυτού και του ποσοστού της αργίλλου (Prasad, 1978, Martens, 1968). Οι Berger and Truog (1945), βρήκαν ότι σε  $pH < 7.0$  το HwsB συσχετίζεται θετικά με το pH, ενώ σε τιμές  $pH > 7.0$  η σχέση μεταξύ αυτών είναι αρνητική. Φαίνεται επομένως ότι η σχέση του HwsB με τις εδαφικές ιδιότητες δεν είναι σταθερή, αλλά επηρεάζεται από



διάφορους παράγοντες. Για το λόγο αυτό στα επόμενα θα ακολουθήσει λεπτομερής διερεύνηση των σχέσεων του HwsB υπό διάφορες συνθήκες, όπως του pH και του μητρικού υλικού.

#### 4.5.1.1. Σχέση HwsB και Εδαφικών Παραμέτρων σε Διάφορες Περιοχές pH.

Διαχωρίζοντας το σύνολο των εδαφικών δειγμάτων (πίν.7-12) σε ομάδες με βάση την τιμή του pH και εξετάζοντας τους συντελεστές συσχέτισης  $r$  του HwsB με τις εδαφικές ιδιότητες που είναι γνωστό ότι το επηρεάζουν, προκύπτουν τα δεδομένα του πίν. 21.

Από αυτά φαίνεται ότι το pH επηρεάζει έντονα τη σχέση του HwsB με τις εδαφικές παραμέτρους. Σε όξινα περιβάλλοντα παρατηρείται ότι ο σημαντικότερος παράγοντας που ελέγχει το HwsB είναι η οργανική ουσία των εδαφών και κατά δεύτερο λόγο τα sesquioxides στις διάφορες μορφές τους. Το HwsB δεν παρουσιάζει σημαντική συσχέτιση με καμιά εδαφική από τις εξετασθείσες εδαφικές παραμέτρους, σε ισχυρά όξινα περιβάλλοντα ( $pH < 5.0$ ). Αντίθετα σε αλκαλικά περιβάλλοντα ( $pH > 7.0$ ), το HwsB συσχετίζεται μόνο με την περιεκτικότητα των εδαφών σε sesquioxides.

Η σχέση του HwsB με το ποσοστό της οργανικής ουσίας είναι πάντοτε θετική, χωρίς να είναι πάντοτε εξ ίσου σημαντική, ενώ η σχέση αυτού με το ποσοστό των sesquioxides είναι κατά κανόνα αρνητική. Αυτό είναι σύμφωνο με την άποψη ότι σε όξινα και ουδέτερα εδάφη η οργανική ουσία αποτελεί την κύρια πηγή του διαθέσιμου εδαφικού B (Gurta, 1985). <sup>et al:</sup> Ακόμα ότι το HwsB προέρχεται κατά κανόνα από την οργανική ουσία των

Πίν.21. Σχέση του HwsB με τις εδαφικές παραμέτρους σε διάφορες περιοχές pH

Εδαφική Παράμετρος Συντελεστής συσχέτισης (r) HwsB και εδαφικών παραμέτρων περιοχές pH

	<5.0 (n=20)	<6.0 (n=48)	<7.0 (n=80)	>5.0 (n=140)	>6.0 (n=115)	>7.0 (n=83)	5.0-6.0 (n=20)	5.0-7.0 (n=57)	6.0-7.0 (n=32)	Ολόκληρο το εύρος (3.8-8.6) (n=163)
1.OM	0.13	0.50***	0.54***	0.10	0.08	0.01	0.81***	0.62***	0.59***	0.17*
2.pH	0.10	0.19	0.25*	0.24**	0.20*	0.15	0.26	0.19	0.05	0.27***
3.CEC	-0.17	-0.05	0.10	0.01	-0.04	-0.09	0.21	0.07	0.05	0.06
4.Kex	-0.14	-0.12	0.13	0.15	0.13	0.14	0.16	0.20	0.28	0.14
5.Mgex	-0.17	-0.17	0.18	0.05	0.03	0.02	-0.29	0.15	0.26	0.07
6.Feo	-0.03	-0.20	-0.30**	0.24**	0.29**	0.31**	-0.25	-0.31*	-0.33	0.18*
7.Alo	0.31	0.01	-0.11	-0.17*	-0.21*	-0.28*	-0.14	-0.17	-0.19	-0.15
8.Fed	-0.04	0.05	-0.08	-0.21	-0.23*	-0.27*	0.00	-0.04	-0.13	-0.23**
9.Ald	0.10	-0.09	-0.25*	-0.24**	-0.24*	-0.23*	-0.18	-0.27*	-0.39*	-0.26***
10.Mno	0.13	-0.33*	-0.27*	0.02	0.08	-0.01	-0.54*	-0.31*	0.04	-0.03

Σημ.: \*, \*\*, \*\*\* : Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο πιθανότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

εδαφών αυτών. Την ισχυρότερη συσχέτιση με την οργανική ουσία ( $r=0.81^{***}$ ) παρουσιάζει το HwsB σε επίπεδα pH 5.0-6.0. Αυτό πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη στη διαχείριση των εδαφών σε σχέση με το B. Το γεγονός ότι το HwsB δεν συσχετίζεται με καμιά εδαφική παράμετρο σε πολύ χαμηλά pH (<5.0), πρέπει να αποδοθεί στο ότι σε τέτοια περιβάλλοντα η συγκράτηση του B είναι πολύ μικρή, όπως θα αποδειχθεί ακολούθως. Όσο το pH αυξάνει, ο ρόλος των sesquioxides γίνεται σημαντικότερος, διότι με την άνοδο του pH αυξάνει και η προσρόφηση του B από αυτά. Όταν η διερεύνηση της σχέσης του HwsB με τις εδαφικές παραμέτρους γίνεται στο σύνολο των εδαφικών δειγμάτων, τότε, κατά αναμενόμενο τρόπο, το HwsB συσχετίζεται σε ποικίλο βαθμό με το ποσοστό της οργανικής ουσίας, το pH και το ποσοστό των sesquioxides.

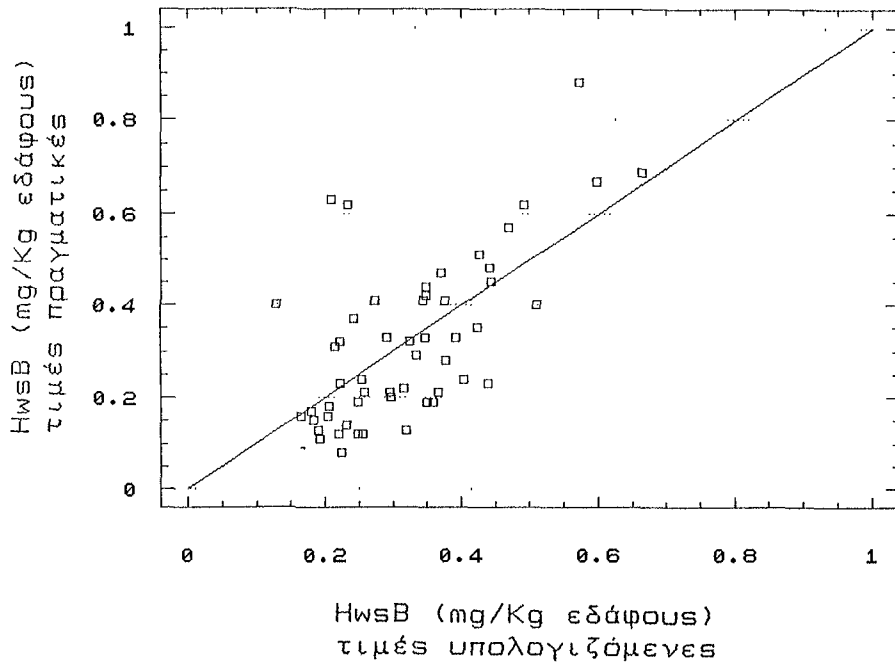
#### 4.5.1.2. Σχέση του HwsB με τις Εδαφικές Παραμέτρους σε Διάφορα Εδαφοκλιματικά Περιβάλλοντα.

Διερευνώντας τη σχέση του HwsB με τις εδαφικές ιδιότητες χωριστά για την κάθε περιοχή προέλευσης των εδαφών, όπως φαίνονται στους πίνακες 7-12 (παράρτημα), καταλήγουμε στις πεδосунарτησεις του πίν. 22 και τα σχήματα 21-26, όπου παρατηρούμε:

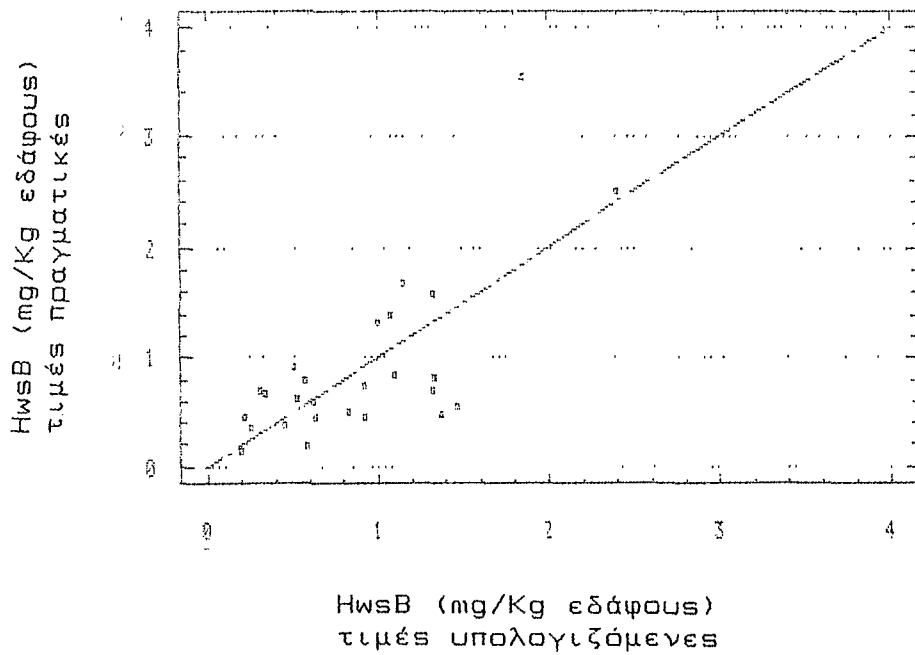
- Η οργανική ουσία επηρεάζει θετικά το επίπεδο του HwsB και σε εδάφη με υψηλά ποσοστά ανθρακικού ασβεστίου και σχετικά υψηλά pH, όπως στα εδάφη των περιοχών Μεγάρων Αττικής και Ηλείου και Νεοχωρίου. Αυτό φαίνεται να είναι σε αντίθεση με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για τη σχέση του HwsB με τις εδαφικές ιδιότητες σε αλκαλικά pH (>7.0). Οι Yermiyaho et al

Πιν.22. Σχέσεις του HwsB με τις εδαφικές παραμέτρους σε διάφορα εδαφοκλιματικά περιβάλλοντα.

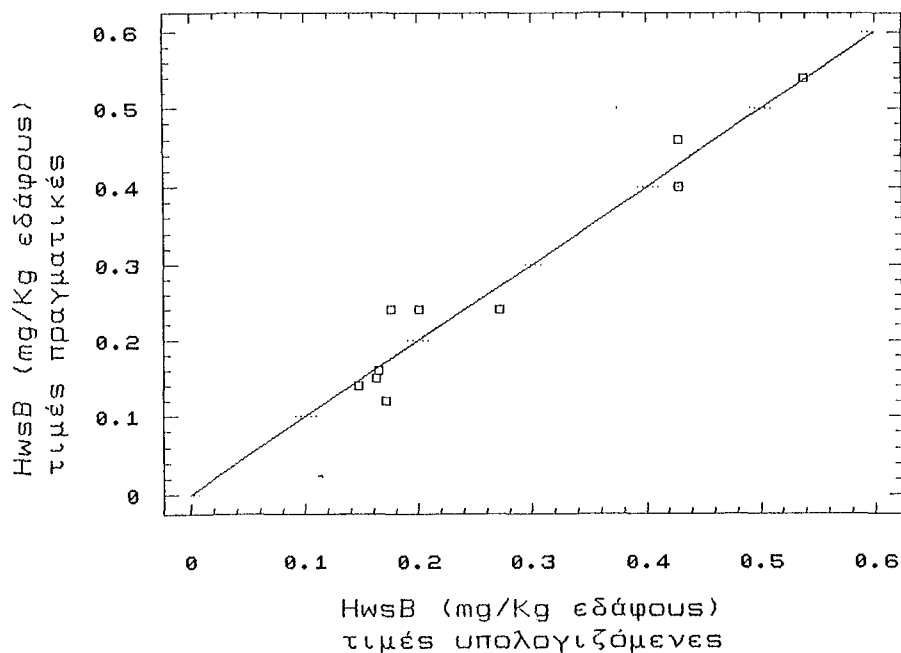
Περιοχή	Εξίσωση παλινδρόμησης	Συντ.συσχ. (r)
Λέσβου (n=53)	$Y=0.18+0.007(OM)$ $Y=0.21+0.008(OM)+0.025(Mgex)-0.133(A1o)-0.273(Fed)-0.409(Mno)$ (σχ.21)	0.52*** 0.65***
Δομοκού Φθιώτιδας (n=14)	$Y=0.21+0.0042(Mgex)$ $Y=0.48(A1o)-1.61$ $Y=0.54-0.033(Fed)$ $Y=0.02(A1d)-0.84$ $Y=0.75-0.014(CEC)+0.004(Mgex)-0.015(Fed)+0.0015(SS)$ (σχ.22)	0.73** -0.75** -0.68** -0.76** 0.93***
Μεγάρων Αττικής (n=10)	$Y=-0.044+0.019(OM)$ $Y=0.35+0.02(OM)+0.039(Mgex)-0.132(A1o)-1.165(A1d)$ (σχ.23)	0.85** 0.97**
Νεοχωρίου Μεσολογγίου (n=26)	$Y=-0.34+3(Kex)$ $Y=0.22(Mgex)$ 0.51 $Y=7.28(Mno)$ 1.14 $Y=0.002(CEC)$ 0.91 $Y=0.039(OM)$ 0.42 $Y=0.18(Feo)$ 0.81 $Y=0.04(Fed)$ 0.71 $Y=1.07+3.42(Kex)-3.55(A1o)+0.02(Clay)$ (σχ.24)	0.59** 0.58** 0.51** 0.60** 0.45* 0.53* 0.42* 0.71**
Ηπείρου (n=23)	$Y=0.011+0.0069(CEC)$ $Y=0.018+0.12(Feo)$ $Y=0.045+0.0069(OM)+0.009(CEC)-0.092(Feo)-0.017(Fed)+0.0002(Mn)$ (σχ.25)	0.65*** 0.54** 0.93***
Σύνολο δειγμάτων που δεν δέχθηκαν ποτέ λίπανση βορίου (n=137)	$Y=0.12+0.008(OM)$ $Y=\exp(-1.72+0.009CEC)$ $Y=\exp(-2.05+1.05Kex)$ $Y=0.24+0.039(Mgex)$ $Y=1.12(Fed)$ (-0.24) $Y=0.33-0.075(A1d)$ $Y=0.32-0.0002(Mno)$ $Y=0.31-0.021(pH)+0.008(OM)+0.003(Mgex)-0.075(A1d)$ (σχ.26)	0.50*** 0.24** 0.32*** 0.28*** -0.24** -0.27** 0.25** 0.60***
<p>Σημ.1. *, **, ***: Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο πιθανότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα. 2. Y=HwsB (mg B/Kg εδ.)</p>		



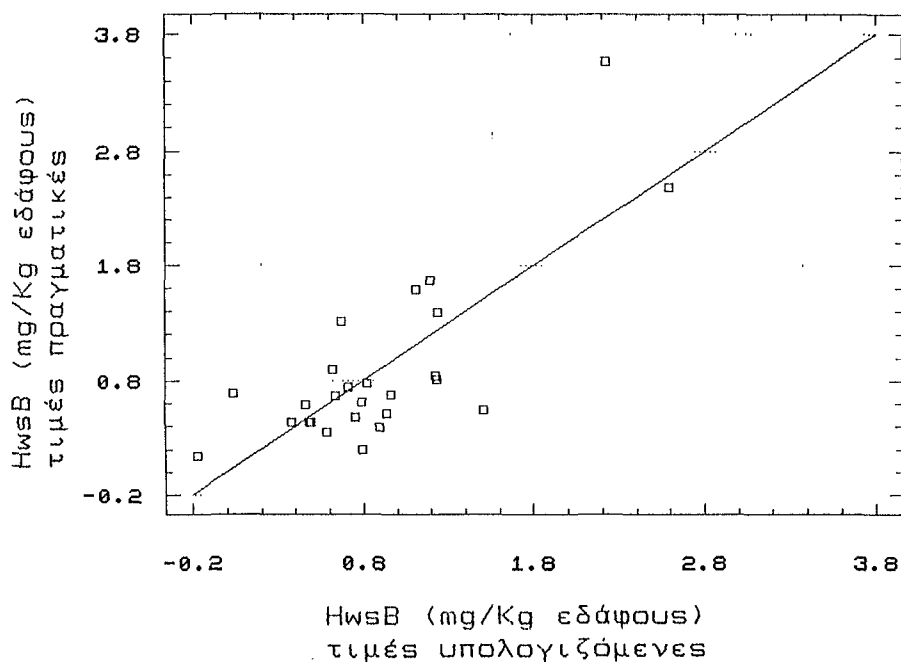
Σχ. 21. Σχέση Βαρίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και εδαφικών παραμέτρων (OM, Mgex, A10, Fed και Mno) (περιοχή Λέσβου)



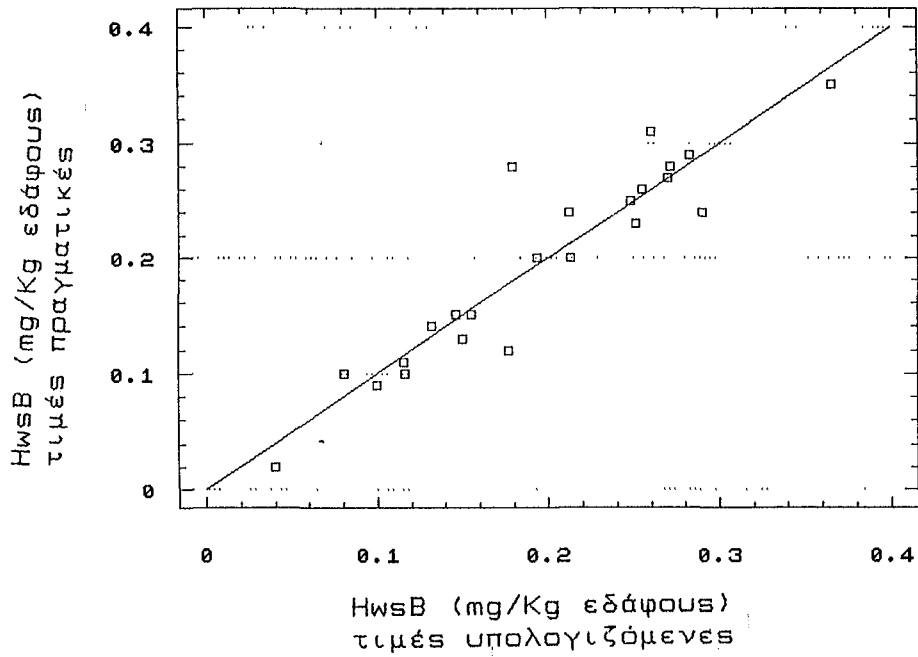
Σχ. 22. Σχέση Βαρίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και εδαφικών παραμέτρων (CEC, Mgex, Fed και SS) (περιοχή Δομοκού)



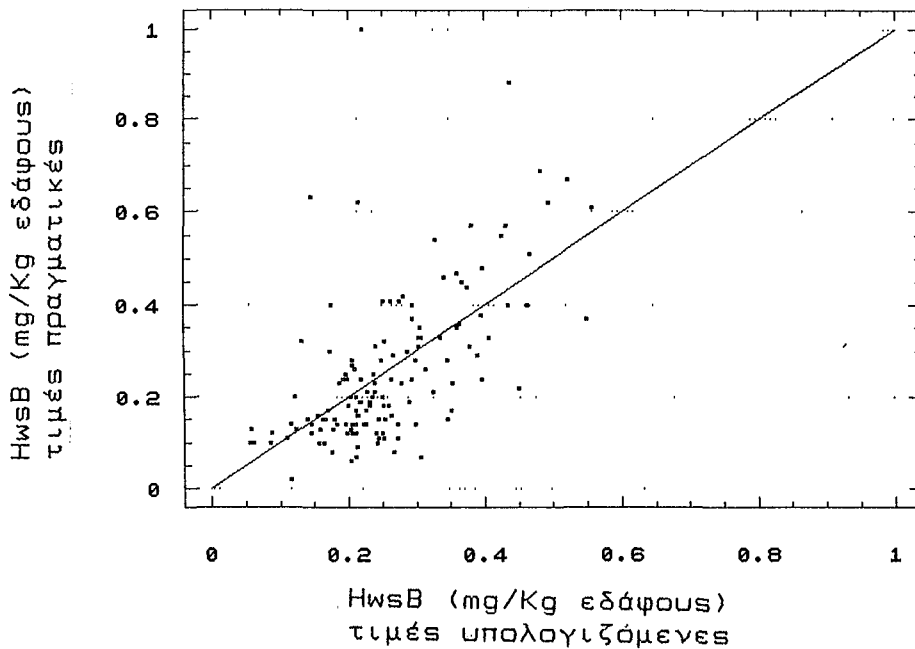
Σχ. 23. Σχέση Βορίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και εδαφικών παραμέτρων (OM, Mgex, A1o και Ald) (περιοχή Μεγάρων Αττικής)



Σχ. 24. Σχέση Βορίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και εδαφικών παραμέτρων (OM, Kex, A1o και Mno) (περιοχή Νεοχωρίου Μεσολογγίου)



Σχ. 25. Σχέση Βορίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και εδαφικών παραμέτρων (OM, CEC, Feo, Fed και Mno) (περιοχή Ηπείρου)



Σχ. 26. Σχέση Βορίου εκχυλιζόμενου με ζέον ύδωρ (HwsB) και εδαφικών παραμέτρων (pH, OM, Mgex και Ald) (Σύνολο εδαφών χωρίς λίπανση με Β)

(1988), υποστήριξαν ότι η οργανική ουσία έχει ισχυρή συγγένεια με το κατιόν  $\text{CaB}(\text{OH})_4^+$  που σχηματίζεται σε περιβάλλοντα με υψηλό ποσοστό  $\text{Ca}^{2+}$ . Στο γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί και η ισχυρή συσχέτιση του HwsB με το ποσοστό της οργανικής ουσίας των εδαφών αυτών. Η παρουσία του  $\text{Ca}^{2+}$  ευνοεί τη συγκράτηση του B στην οργανική ουσία, από όπου το αποσπά το ζέον ύδωρ.

- Τα sesquioxides κατά κανόνα επηρεάζουν αρνητικά το επίπεδο του HwsB. Στη συζήτηση όμως για τη διαθεσιμότητα των κλασμάτων του εδαφικού B, αναφέρθηκε ότι το B που συγκρατείται στα sesquioxides αποτελείται σε μεγάλο βαθμό από διαθέσιμες μορφές B, καθ'όσον τόσο στην περίπτωση της καλλιέργειας της ελιάς, όσο και της κριθής, το B το συνδεδεμένο με τα sesquioxides (FeoB), συσχετίζεται ισχυρά με το B των ιστών των φυτών. Συνδυάζοντας τις δύο αυτές διαπιστώσεις συμπεραίνουμε ότι το ζέον ύδωρ δεν εκχυλίζει όλες τις διαθέσιμες μορφές B και ιδίως αυτές που συνδέονται με τα sesquioxides.

- Όταν το ανταλλάξιμο Mg αποκτά σημαντικές τιμές, όπως στις περιπτώσεις των εδαφών της Λέσβου, του Δομοκού, των Μεγάρων και του Νεοχωρίου Μεσολογγίου, όπου καταλαμβάνει κατά μ.ό. το 19.2 %, 48,6 %, 21.3 % και 13.8 % της Ικανότητας Ανταλλαγής Κατιόντων αντίστοιχα, τότε παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του επιπέδου του HwsB. Στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ HwsB και ανταλλάξιμου Mg διαπίστωσε και ο Prasad (1978). Η σχέση αυτή μπορεί να ερμηνευθεί από τη συγγένεια των σιδηρομαγνησιούχων ορυκτών με το B. Οι Rhoades



et al (1970), βρήκαν θετική συσχέτιση στατιστικά σημαντική μεταξύ προσροφούμενου B και ανταλλάξιμου Mg σε σιδηρομαγνησιούχα ορυκτά. Οι ίδιοι υποστήριξαν ότι το B προσροφάται στις επιφάνειες υδροξυμαγνησιούχων ενώσεων. Η θετική συσχέτιση μεταξύ ανταλλάξιμου Mg και HwsB που βρέθηκε εδώ, σημαίνει ότι το ζέον ύδωρ αποσπά B από τις θέσεις αυτών των ορυκτών, που επηρεάζουν τις τιμές του ανταλλάξιμου Mg.

- Η θετική συσχέτιση μεταξύ του HwsB και της CEC, εκφρασμένης είτε σε mg/100 g εδ. είτε σε mg/100 g αργίλλου που παρατηρήθηκε στα δείγματα των περιοχών της Ηπείρου ( $r=0.65^{***}$  και  $0.57^{**}$  αντίστοιχα), εκφράζει τη σχέση του HwsB με το ποσοστό και το είδος της αργίλλου, από τα οποία εξαρτάται άμεσα η CEC. Πάρα πολλοί ερευνητές βρήκαν ότι το ποσοστό και το είδος των αργίλλων επηρεάζει το HwsB (Evans and Sparks, 1983, Martens, 1968, Gupta, 1968, Wear and Patterson, 1962, Prasad, 1978).

Από τα εδαφικά δείγματα των πίν. 7-12 μόνο εκείνα του πίν. 10, (Νεοχωρίου Μεσολογγίου), δέχθηκαν κατά καιρούς βοριούχες λιπάνσεις. Εάν θεωρήσουμε το σύνολο των δειγμάτων εκτός αυτών του πίν 10, ώστε να έχουμε δείγματα που τουλάχιστο σε ό,τι αφορά το B βρίσκονται στη φυσική τους κατάσταση, τότε για το HwsB και τις εδαφικές ιδιότητες προκύπτουν οι σχέσεις του πίν. 22.

Από τις σχέσεις αυτές φαίνεται ότι το HwsB ελέγχεται κυρίως από το ποσοστό της οργανικής ουσίας, ενώ επηρεάζεται σημαντικά με θετικό τρόπο από τα ανταλλάξιμα κατιόντα Mg και K και με αρνητικό τρόπο από τα sesquioxides και το pH των

εδαφών. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το HwsB συσχετίζεται σημαντικά με το ποσοστό των υδατοδιαλυτών υδατανθράκων ( $r=0.50^*$ ), όπως προκύπτει από τα δεδομένα του πίν. 26α (παράρτημα). Όπως αναφέρθηκε στο εισαγωγικό μέρος, (κεφ. 2.7), το Β σχηματίζει σύμπλοκες ενώσεις με τα σάκχαρα. Από την παραπάνω θετική συσχέτιση, φαίνεται ότι το ζέον ύδωρ αποσπά Β από τα σύμπλοκα αυτά, στα οποία υπάρχει σε σχετικά διαθέσιμη μορφή. Εξ άλλου από τα δεδομένα του πίν. 17α, προκύπτει ότι το HwsB δεν συσχετίζεται σημαντικά με το ολικό Β των εδαφών, ( $r=0.16$ ,  $n=50$ ), σε αντίθεση με όσα αναφέρει ο Gupta (1968).

#### 4.5.1.3. Σχέση του HwsB με τα Κλάσματα του Εδαφικού Βορίου.

Αναφέρθηκε στο εισαγωγικό μέρος ότι το διαθέσιμο Β προέρχεται από τα υδατοδιαλυτά, τα ανταλλάξιμα και τα προσροφημένα στην επιφάνεια των κolloειδών ιόντα. Προκειμένου να διερευνηθεί λεπτομερέστερα η άποψη αυτή, υπολογίσθηκε η σχέση του HwsB με τα κλάσματα εδαφικού Β με τις τεχνικές που αναφέρθηκαν προηγουμένα. Οι σχέσεις που προέκυψαν φαίνονται παρακάτω:

##### 1. Για τα εδάφη στα οποία καλλιεργείται ελιά (πίν. 17α, $n=51$ )

$$\text{HwsB} = 0.23 + 1.37(\text{CwsB}) + 0.75(\text{NsaB}) + 0.32(\text{MnoB}), R^2 = 0.85^{****}$$

##### 2. Για τα εδάφη στα οποία καλλιεργήθηκε κριθή (πίν. 18, $n=20$ )

$$\text{HwsB} = 0.25 + 1.24(\text{CwsB}) + 1.51(\text{NsaB}) + 0.24(\text{MnoB}), R^2 = 0.96^{****}$$

3. Για το σύνολο των εδαφικών δειγμάτων (πίν. 7-12, n=163)

$$\text{HwsB} = 0.13 + 0.92(\text{CwsB}) + 1.45(\text{NsaB}) + 0.46(\text{SaB}) + 0.02(\text{FeoB})$$
$$R^2 = 0.84^{***}$$

Σημ.: \*\*\* : Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο 0.001.

Από τις παραπάνω σχέσεις συμπεραίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό του HwsB (85-96 %) προέρχεται από το B του εδαφικού διαλύματος (CwsB), το B που είναι προσροφημένο στα εδαφικά συστατικά χαλαρά και με μη ειδικό τρόπο (NsaB), το B που είναι προσροφημένο με ειδικό τρόπο στην άργιλλο και την οργανική ουσία (SaB) και το B που συγκρατείται στα οξείδια του Fe (FeoB) και Mn (MnoB).

4.5.2. Σχέσεις Κλασμάτων Εδαφικού Βορίου και Εδαφικών ιδιοτήτων.

Στον πίν. 23 δίνονται οι σχέσεις μεταξύ των κλασμάτων εδαφικού Β και των εδαφικών παραμέτρων που τα επηρεάζουν, για το σύνολο των εδαφικών δειγμάτων που προέρχονται από εδάφη που δεν δέχθηκαν ποτέ βορίουχο λίπανση.

Από τον πίνακα αυτό φαίνεται ότι το Β που εκχυλίζεται με ψυχρό ύδωρ (CwsB), συσχετίζεται αρνητικά με τα sesquioxides σ'όλες τους τις μορφές. Αυτό σημαίνει ότι τα sesquioxides συγκρατούν το Β τόσο ισχυρά, ώστε να μη μπορούν να εκχυλισθούν με ψυχρό ύδωρ. Κατά συνέπεια τα sesquioxides τείνουν να μειώνουν ένα μέρος του διαθέσιμου Β.

Το Β που θεωρείται σαν μη ειδικά προσροφημένο στο έδαφος (NsaB), συσχετίζεται θετικά μόνο με το pH και λιγότερο ισχυρά με την CEC των εδαφών.

Το ειδικά προσροφημένο Β στα εδάφη (SaB), συσχετίζεται

Πίλν.23. Συντελεστές συσχέτισης (r) κλασμάτων εδαφικού Βορίου και εδαφικών παραμέτρων										
Κλάσμα Εδαφικού Βορίου	Εδαφικές παράμετροι									
	pH	OM	CEC	Kex	Mgex	Feo	Al <sub>o</sub>	Ald	Mno	
CwsB	0.08	0.05	-0.17*	0.09	-0.06	-0.37***	-0.29***	-0.32***	-0.27**	
NsaB	0.25**	0.14	0.18*	0.12	0.08	-0.02	0.08	-0.16	0.00	
SaB	0.27**	0.24**	0.14	0.28**	0.07	-0.17*	-0.03	-0.14	0.24**	
FeoB	0.38***	0.04	0.40***	0.18*	0.27**	0.39***	0.43***	0.04	0.23**	
MnoB	0.23**	0.00	0.06	0.05	0.10	-0.14	0.00	-0.15	0.00	

Σημ.: \*, \*\*, \*\*\* : Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο πιθανότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

θετικά με το pH, την οργανική ουσία, το ανταλλάξιμο K, τα οξείδια του Mn και αρνητικά με ορισμένες μορφές των sesquioxides (Feo,Fed).

Τέλος το B που εκχυλίζεται με οξαλικό αμμώνιο (FeoB), συσχετίζεται όπως ήταν αναμενόμενο με τα άμορφα sesquioxides (Feo,AlO). Επί πλέον αυτή η μορφή B συσχετίζεται θετικά με την CEC, το pH και τα ανταλλάξιμα κατιόντα K και Mg και τα οξείδια του Mn.

Εξετάζοντας τις σχέσεις των κλασμάτων B με τις εδαφικές ιδιότητες στα διάφορα εδαφοκλιματικά περιβάλλοντα, προκύπτουν οι σχέσεις του πίν. 24.

Από τις σχέσεις αυτές φαίνεται ότι το CwsB επηρεάζεται από τα ανταλλάξιμα κατιόντα K και Mg, την οργανική ουσία και τα οξείδια του Fe, ενώ το SaB επί πλέον αυτών και από το pH.

Πίν.24. Σχέσεις κλασμάτων εδαφικού B και εδαφικών παραμέτρων σε διάφορα εδαφοκλιματικά περιβάλλοντα		
Περιοχή	Εξίσωση παλινδρόμησης	Συντ.συσχ. (r)
Λέσβου (n=53)	SaB=-0.22 + 0.03(pH) + 0.16(Kex) + + 0.07(Fed)	0.65***
Μεγάρων (n=10)	CwsB=-0.25 + 0.21(Kex) +0.02(Fed)	0.85*
Μεσολογγίου (n=26)	CwsB=-0.53 - 0.05(OM) + 3.99(Kex)	0.78***
Ηλείου (n=23)	CwsB=-0.012 + 0/010(Mgex) + 0.02(Feo) SaB=-0.82 + 0.04(Feo) + 0.10(pH) + + 0.06 (OM) - 0.008(Mn)	0.62** 0.87***
Σημ.: *, **, *** : Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο πιθανότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.		

#### 4.6. Η σχέση της Προσρόφησης του Βορίου με τις Εδαφικές Παραμέτρους

Στο εισαγωγικό μέρος (κεφ.2.7), έγινε μία γενική ανασκόπηση σε ό,τι αφορά τη συγκράτηση του Β στα εδάφη, τους σχετικούς μηχανισμούς και την ποσοτική περιγραφή του φαινομένου.

Η κατανομή του Β μεταξύ της στερεάς και υγρής φάσης των εδαφών είναι ιδιαίτερα σημαντική, διότι μεταξύ επιπέδου επάρκειας, τροφopenίας και τοξικότητας του Β στο εδαφικό διάλυμα η διαφορά είναι μικρή (Keren et al, 1984). Πάρα πολλοί ερευνητές ασχολήθηκαν με την προσρόφηση του Β τόσο σε εδάφη όσο και σε καθαρά συστήματα αργίλλων ή οξειδίων του Fe και Al. Παρά ταύτα δεν ανευρίσκεται στη βιβλιογραφία λεπτομερής διερεύνηση των σχέσεων της προσρόφησης του Β με τις εδαφικές παραμέτρους που την επηρεάζουν. Πολύ περισσότερο παρόμοια έρευνα δεν υπάρχει σε ελληνικά εδαφικά συστήματα (Τσαντήλας, 1988).

Στο κεφάλαιο αυτό μελετώνται διεξοδικά οι σχέσεις της προσρόφησης του Β με τις εδαφικές παραμέτρους που την επηρεάζουν.

Στον πίνακα 25 (παράρτημα) φαίνεται η προσροφούμενη ποσότητα Β από 68 εδαφικά δείγματα που επιτεύχθηκε με εξισορρόπηση ορισμένης ποσότητας δείγματος εδάφους και ίσης ποσότητας διαλύματος 0.01 M CaCl<sub>2</sub> με συγκέντρωση Β 10 μg/ml. Επίσης φαίνονται ορισμένες από τις ιδιότητες των εδαφών που είναι γνωστό ότι επηρεάζουν την προσρόφηση του Β.

#### 4.6.1. Σχέση του Προσροφούμενου Β και της Περιεκτικότητας των Εδαφών σε Αργίλλο.

Οι Hingston (1964), Fleet (1965), και οι Cough and Crim (1968), υποστήριξαν ότι τα ορυκτά της αργίλλου είναι η κυριότερη πηγή θέσεων προσρόφησης του Β στα εδάφη. Οι Eltrashidi and O'Connor (1982), Singh (1965) και Prasad (1978), βρήκαν ότι η προσρόφηση του Β συσχετίζεται σημαντικά με την περιεκτικότητα σε άργιλλο των εδαφών, την ειδική επιφάνεια και την CEC αυτών. Αντίθετα ο Evans (1987), δεν βρήκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ προσρόφησης Β και αργίλλου των εδαφών. Αυτό σημαίνει ότι εκτός από το ποσοστό της αργίλλου των εδαφών, την προσρόφηση του Β επηρεάζει σημαντικά και το είδος των ορυκτών της. Κατά κανόνα η προσρόφηση του Β αυξάνει κατά τη σειρά *καολινίτης* < *μοντμοριλλονίτης* < *ιλλίτης* (Goldberg and Glaubig, 1986).

Από τις σχέσεις του πίν. 28, που προέκυψαν από τα δεδομένα του πίν. 25, φαίνεται ότι υπάρχει συμφωνία με τα παραπάνω. Η προσρόφηση του Β στα μελετηθέντα εδάφη συσχετίζεται σημαντικά με την ειδική επιφάνεια και την CEC αυτών, ιδιότητες που εκφράζουν το ποσοστό και το είδος των αργίλλικων ορυκτών.

#### 4.6.2. Σχέση Προσροφούμενου Βορίου και pH.

Μεταξύ των παραγόντων που επηρεάζουν την προσρόφηση του Β, το pH είναι ένας από τους σημαντικότερους. Πάρα πολλοί ερευνητές βρήκαν ότι το pH επηρεάζει αποφασιστικά την προσρόφηση του Β στα εδάφη, όπως οι Keren and Gast (1983), Keren et al (1984), Goldberg and Glaubig (1985), Goldberg and

Πίν. 28. Σχέση προσροφούμενου Βορίου και εδαφικών παραμέτρων	
Εξίσωση παλινδρόμησης (n=68)	Συντ.συσχετ. (r)
$Y = 1.97 + 0.058(SS)$	0.72***
$Y = 0.495(Fed)^{0.55}$	0.36**
$Y = 15.64 - 6.46(pH) + 0.77(pH)^2$	0.62***
$Y = -1.33 + 7.68(Al_0)$	0.64***
$Y = 0.44(Ca_{ex})^{0.76}$	0.75***
$Y = 12.59(Mg_{ex})^{0.42}$	0.44***
$Y = -0.80 + 12.90(K_{ex})$	0.47***
$Y = 1.02 + 0.29(CEC)$	0.73***
$Y = -8.40 + 1.39(pH) - 1.65(Fe_0) + 6.48(Al_0) + 0.12(CEC)$	0.87***

Σημ.: Y: Προσροφούμενο Βόριο (μg/g εδ.)  
 \*\*, \*\*\* : Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο πιθανότητας 0.05 και 0.001 αντίστοιχα.

Glaubig (1986), Prasad (1978), Keren et al (1981), Τσαντήλας (1988). Κατά κανόνα τα αποτελέσματα των σχετικών εργασιών δείχνουν ότι η προσρόφηση του Β αυξάνει με την αύξηση του pH παρουσιάζοντας ένα μέγιστο σε αλκαλικά pH (Keren et al, 1981).

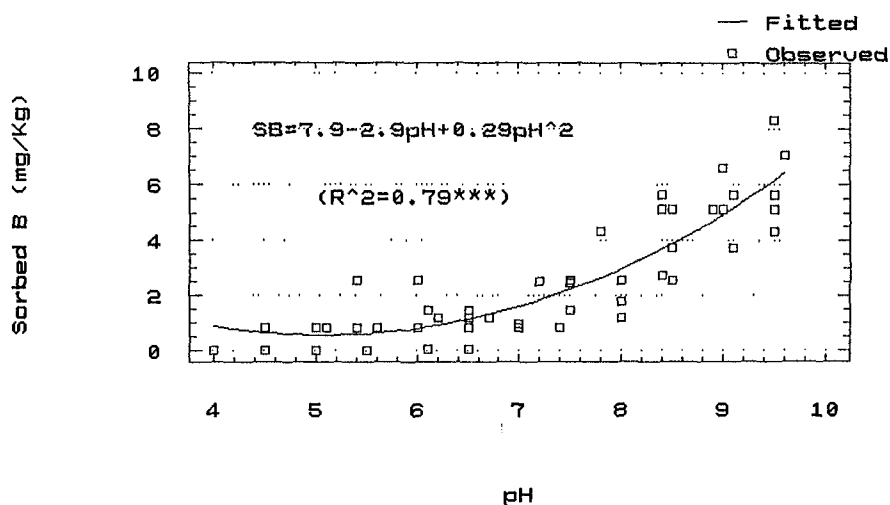
Όπως αναφέρθηκε και στο εισαγωγικό μέρος (κεφ.2.7), το Β προσροφάται είτε σαν  $B(OH)_3$  σε μικρό ποσοστό είτε κυρίως σαν  $B(OH)_4^-$ . Οι Keren and Gast (1981), υποστήριξαν ότι η προσρόφηση του Β εξαρτάται από τη σχετική αναλογία των μορφών  $B(OH)_3$ ,  $B(OH)_4^-$  και  $OH^-$ , καθ' όσον όλα αυτά τα είδη ανταγωνίζονται για τις ίδιες θέσεις προσρόφησης. Σε χαμηλά pH κυριαρχεί η μορφή  $B(OH)_3$ , η οποία έχει μικρή συγγένεια με την άργιλλο, γι' αυτό και η προσρόφηση του Β είναι χαμηλή. Με την αύξηση του pH μέχρι περίπου της τιμής 9.0, το είδος  $B(OH)_3$  βαθμιαία ελαττώνεται μέχρι μηδενισμού, ενώ αυξάνει η μορφή  $B(OH)_4^-$  υπερτερώντας των  $OH^-$  οπότε αυξάνει η προσρόφηση του Β. Σε υψηλότερες τιμές pH κυριαρχούν τα  $OH^-$  έναντι των  $B(OH)_4^-$ ,



οπότε η προσρόφηση του Β ελαττώνεται.

Από τις σχέσεις του πίν. 28 φαίνεται ότι το pH επηρεάζει σημαντικά την προσρόφηση του Β με θετικό τρόπο. Περισσότερο καθαρά φαίνεται η επίδραση του pH στην προσρόφηση του Β στο σχ. 27, που προέκυψε από τα δεδομένα του πίν. 27 (παράρτημα). Στον πίνακα αυτό φαίνεται η προσροφούμενη ποσότητα Β σε σχέση με το pH, το οποίο ρυθμίστηκε σε πέντε εδαφικά δείγματα με διάλυμα NaOH και στη συνέχεια έγινε εξισορρόπηση με διάλυμα 0.01 M CaCl<sub>2</sub> με συγκέντρωση Β 10 μg/ml. Από τα δεδομένα του πίν. 27 και το σχ. 27, φαίνεται ότι η προσρόφηση του Β στα πέντε εδάφη είναι πολύ χαμηλή σε pH < 7, ενώ αυξάνει απότομα σε pH > 7.0. Τα δεδομένα αυτά είναι σε συμφωνία με όσα βρέθηκαν και από άλλους ερευνητές και αναφέρθηκαν παραπάνω.

Η επίδραση του pH στην προσρόφηση του Β στα εδάφη έχει μεγάλη αγρονομική σημασία. Όξινα εδάφη δεν συγκρατούν το Β και συχνά εμφανίζουν ελλείψεις Β. Διόρθωση σε μόνιμη βάση τέτοιων εδαφών ως προς την περιεκτικότητά τους σε Β, πρέπει να συμπεριλαμβάνει μέτρα αύξησης του pH.



Σχ. 27. Σχέση προσροφούμενου Βορίου και pH

#### 4.6.3. Σχέση Προσροφούμενου Βορίου και Οξειδίων του Fe και Al.

Στο εισαγωγικό μέρος έγινε αναφορά στο μηχανισμό προσρόφησης του Β από τα sesquioxides, όπως διατυπώθηκε από τους Sims and Bingham (1968a). Και άλλοι ερευνητές ασχολήθηκαν με τη σχέση του Β με τα sesquioxides. Οι Bingham et al (1971), πειραματιζόμενοι σε εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε άμορφα οξείδια του Fe και Al, βρήκαν ότι αυτά επηρεάζουν έντονα την προσρόφηση του Β. Η μέγιστη προσρόφηση παρατηρήθηκε σε pH 8-9 και συσχείζονταν ισχυρότερα με το άμορφο Al. Οι Elrashidi and O'Connor (1982) βρήκαν ότι μία σχέση πολλαπλής παλινδρόμησης που περιλάμβανε και το ποσοστό των οξειδίων του Fe, ερμήνευε το 90 % της παραλλακτικότητας της προσρόφησης του Β. Αντίθετα ο Prasad (1978) και ο Evans (1987), δεν βρήκαν σημαντική συσχέτιση μεταξύ προσροφούμενου Β και αμόρφων ή ελεύθερων οξειδίων του Fe. Οι Sims and Bingham (1968), βρήκαν πολύ ισχυρή σχέση του προσροφούμενου Β με τα οξείδια Fe και Al και υποστήριξαν ότι οι παράγοντες αυτοί παίζουν καθοριστικό ρόλο στη συγκράτηση του Β απ'τα εδάφη. Οι McPhail et al (1972), βρήκαν ότι ένυδρα οξείδια του Al παρουσίασαν μέγιστη προσρόφηση Β σε τιμή pH περί το 7.5, όπως και οι Goldberg and Glaubig (1985).

Από τις σχέσεις του πίν. 28, φαίνεται ότι από τα sesquioxides στα μελετηθέντα εδάφη σημαντικότερο ρόλο παίζουν τα άμορφα οξείδια του Al. Μικρότερο, αλλά επίσης σημαντικό ρόλο παίζουν και τα οξείδια του Fe, ελεύθερα και άμορφα. Εάν διερευνήσουμε τις σχέσεις αυτές σε συνδυασμό με το pH διαπιστώνουμε ότι ο ρόλος των οξειδίων του Fe και Al

Πίν. 29. Σχέση προσροφούμενου Βορίου και εδαφικών παραμέτρων σε διάφορα pH

Συντ.συσχ.(r) σε pH:	Εδαφικές παράμετροι										
	SS	OM	pH	Fed	Feo	Ald	Al <sub>o</sub>	Mno	Ca <sub>ex</sub>	Mg <sub>ex</sub>	K <sub>ex</sub>
<6.0 (n=30) Y= -2.01 + 2.27(Ald) + 0.35(Ca <sub>ex</sub> )	0.39*	-0.06	0.08	0.34	-0.00	0.49**	0.07	0.25	0.37*	0.17	-0.21
				R <sup>2</sup> =0.42***							
>6.0 (n=38) Y= -9.49 + 0.09(OM) + 1.42(pH) - 0.25(Fed) + 8.41(Al <sub>o</sub> )	0.68***	0.35*	0.44**	0.12	0.39*	0.39*	0.83***	0.29	0.54***	0.39*	0.46
				R <sup>2</sup> =0.79***							
>7.0 (n=18) Y= 2.87 + 6.45(Al <sub>o</sub> ) + 0.07(Mg <sub>ex</sub> )	0.07	0.07	-0.35	0.15	0.56*	0.55*	0.88***	0.38	0.03	0.49*	0.52*
				R <sup>2</sup> =0.85***							
<u>Σημ.:</u> *, **, *** : Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο πιθανότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.											

εξαρτάται ισχυρά από αυτό (πιν. 29). Σε  $\text{pH} < 6.0$  μόνο το ποσοστό του Ald από τα sesquioxides συσχετίζεται σημαντικά με το προσροφούμενο B, ερμηνεύοντας μαζί με το ανταλλάξιμο Ca μόνο το 42 % της παραλλακτικότητας του ποσού του προσροφούμενου B. Όσο το pH αυξάνει, ο ρόλος των sesquioxides γίνεται σημαντικότερος. Έτσι σε  $\text{pH} > 6.0$  και 7.0 το προσροφούμενο B συσχετίζεται σημαντικά και με τα άμορφα οξείδια του Fe, ερμηνεύοντας πολύ μεγαλύτερα ποσοστά της παραλλακτικότητας του ποσού του προσροφούμενου B, από κοινού με το ποσοστό των Fed, της οργανικής ουσίας και του ανταλλάξιμου Mg.

Οι Sims and Bingham (1968), βρήκαν ότι η μέγιστη προσρόφηση B στα οξείδια του Fe παρατηρείται σε τιμές pH περί το 8.5, ενώ στα οξείδια του Al σε τιμές περί το 7.0 και ότι τα άμορφα οξείδια του Al προσροφούν πολύ μεγαλύτερες ποσότητες B σε σχέση με τα οξείδια του Fe. Οι ίδιοι υποστήριξαν ότι σε χαμηλά pH η προσρόφηση του B μπορεί να γίνεται μέσω δεσμών H του  $\text{H}_3\text{BO}_3$  σε θέσεις τόσο "ol" (M-OH-M) όσο και "oxy" (M-O-M). Σε υψηλά pH η προσρόφηση γίνεται μέσω μηχανισμού *ligand exchange* κατά τον οποίο,  $\text{OH}^-$  (ή  $\text{H}_2\text{O}$ ) αντικαθίστανται από  $\text{B}(\text{OH})_4^-$ . Η αύξηση της προσρόφησης του B με την αύξηση του pH ερμηνεύεται από το γεγονός ότι μαζί με το pH αυξάνει και η συγκέντρωση των  $\text{B}(\text{OH})_4^-$ . Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας είναι σε στενή συμφωνία με τα παραπάνω.

#### 4.6.4. Σχέση της Προσρόφησης του B με τα Ανταλλάξιμα Κατιόντα.

Οι Hadas and Hagin (1972), έδειξαν ότι εδάφη που κορέννυνται με K, αυξάνουν την ικανότητά τους να προσροφούν B.

Το γεγονός αυτό το απέδωσαν στη δημιουργία ευνοϊκότερων συνθηκών με τον κορεσμό με Κ στην προσρόφηση του Β. Οι Keren and Gast (1981), παρατήρησαν ότι μοντμοριλλονίτης κορεσμένος με  $\text{Ca}^{2+}$  προσροφούσε περισσότερο Β από το ίδιο ορυκτό όταν αυτό ήταν κορεσμένο με  $\text{Na}^+$  σε  $\text{pH} > 7.2$  και απέδωσαν τούτο στο ότι ο Ca-μοντμοριλλονίτης επιτρέπει περισσότερο την προσέγγιση των βορικών ανιόντων στις ακμές των ορυκτών σε σχέση με τον Na-μοντμοριλλονίτη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, ενώ ο δεύτερος υπάρχει στο αιώρημα σαν μεμονωμένα φύλλα, η απόσταση των οποίων καθορίζεται από τις δυνάμεις της διπλής στιβάδας, ο πρώτος απαντά υπό μορφή στρώσεων τέτοιων μεμονωμένων επιφανειών που συνενώνονται μέσω μεμβράνης  $\text{H}_2\text{O}$  με αποτέλεσμα η επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου της επιφάνειας στις ακμές του να είναι μικρότερη σε σχέση με τις μεμονωμένες επιφάνειες του Na-μοντμοριλλονίτη. Παρόμοιες διαπιστώσεις έκαναν οι Keren and O'Connor (1982), υποστηρίζοντας ότι η προσρόφηση του Β γίνεται κυρίως στις ακμές των φύλλων των ορυκτών και όχι στις επιφάνειές τους. Οι ίδιοι υποστήριξαν επί πλέον ότι το ηλεκτρικό δυναμικό γύρω από τις επιφάνειες των φύλλων των ορυκτών επηρεάζει σημαντικά τη δυνατότητα των  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  να προσεγγίσουν τις θέσεις προσρόφησης. Οι Mattigod et al (1985), βρήκαν ότι σε αλκαλικά pH, συστήματα καολινίτη προσροφούσαν περισσότερο Β σε διάλυμα  $\text{Ca}(\text{ClO}_4)_2$  από ότι σε διάλυμα  $\text{KClO}_4$ , αποδίδοντας τούτο στο σχηματισμό του κατιόντος  $\text{CaB}(\text{ClO}_4)^+$ , το οποίο προσροφάται σε θέσεις ανταλλαγής κατιόντων, ενώ το  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  προσροφάται σε θέσεις ανταλλαγής ανιόντων.

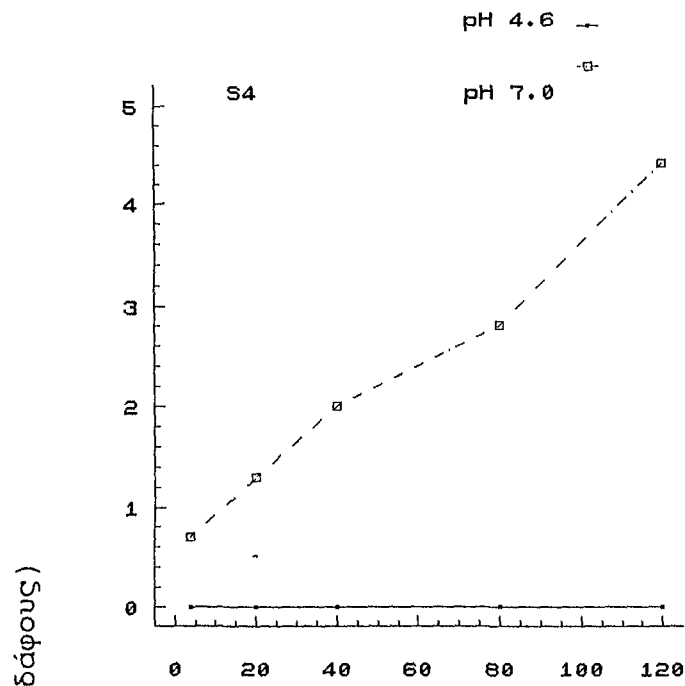
Οι παραπάνω παρατηρήσεις αναφέρονται σε καθαρά συστήματα. Σε εδαφικά συστήματα δεν έχουν αναφερθεί σχέσεις των ανταλλάξιμων κατιόντων με την προσρόφηση του Β. Στον πίν. 28 φαίνεται η επίδραση των ανταλλάξιμων κατιόντων στην προσρόφηση του Β σε εδαφικά συστήματα. Οι διαπιστώσεις είναι ανάλογες με αυτές που αναφέρονται για τα καθαρά συστήματα. Το ποσό του προσροφούμενου Β συµμεταβάλλεται ανάλογα με τα ανταλλάξιμα κατιόντα Ca, K και Mg. Την ισχυρότερη επίδραση φαίνεται ότι έχει το Ca. Οι Rhoades et al (1970), σε δεδομένα από πειράματα προσρόφησης Β σε σιδηρομαγνησιούχα ορυκτά, βρήκαν παρόμοια σχέση μεταξύ προσροφούμενου Β και ανταλλάξιμου Mg.

#### 4.6.5. Η Επίδραση της Ασβέστωσης των Εδαφών στην Προσρόφηση του Β.

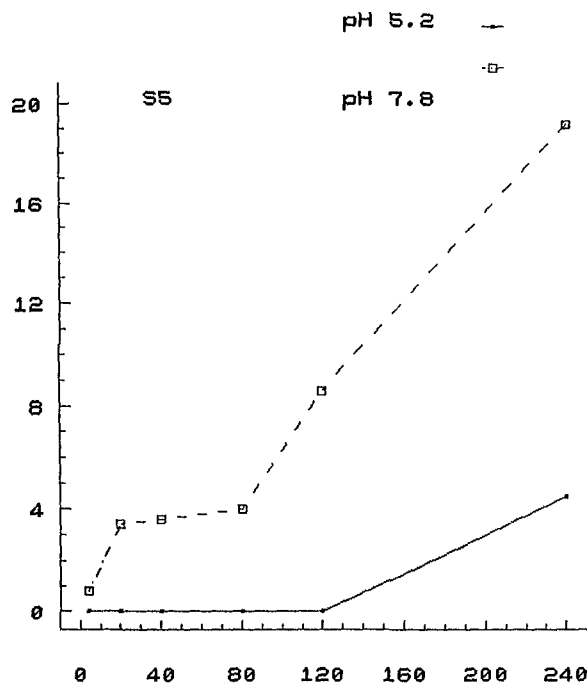
Για την περαιτέρω μελέτη της επίδρασης του pH και του ανταλλάξιμου ασβεστίου στην προσρόφηση του Β, σε έξι ισχυρά όξινα εδάφη (pH 4-5.4), έγινε προσρόφηση Β τόσο στην αρχική τους κατάσταση, όσο και μετά από ασβέστωση αυτών. Η ασβέστωση έγινε με εξισορρόπηση εδαφικού δείγματος με υπολογισθείσα ποσότητα CaO, ώστε να ανέλθει το pH σε μια ορισμένη τιμή (McLean, 1982), επί 28 ημέρες σε κατάσταση υδατοϊκανότητας (Myers et al, 1988). Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίν. 30 (παράρτημα) και τα σχ. 28-34.

Η ασβέστωση των εδαφών είχε σαν συνέπεια την άνοδο του pH, όπως φαίνεται στον πίν. 30. Σημαντικά όμως αυξήθηκε και το ανταλλάξιμο Ca. Σε όλες τις περιπτώσεις η διαφορά του

ανταλλάξιμου Ca πριν και μετά την ασβέστωση ήταν στατιστικά σημαντική με σύγκριση των τιμών κατά ζεύγη. Μετά την ασβέστωση η προσρόφηση του B αυξήθηκε σε όλες τις χρησιμοποιηθείσες συγκεντρώσεις σημαντικά. Στο έδαφος 5 και στη συγκέντρωση των 60  $\mu\text{g/ml}$ , περίπου πενταπλασιάσθηκε. Οι Hatcher et al (1967), διατύπωσαν την άποψη ότι πιθανόν η αύξηση της προσρόφησης του B σε παρόμοιες περιπτώσεις να οφείλεται στο δημιουργούμενο  $\text{Al}(\text{OH})_3$  λόγω της αύξησης του pH, που ακολουθεί την ασβέστωση. Αυτό θα πρέπει να ισχύει για τα εδάφη 4,6,8 και 14, των οποίων το pH ήταν πολύ χαμηλό και κατά συνέπεια με μεγάλες ποσότητες ανταλλάξιμου Al. Στα υπόλοιπα όμως εδάφη, όπου το pH ήταν υψηλότερο και με την ασβέστωση μεταβλήθηκε σε μικρότερο ποσοστό, δεν θα έπρεπε να αποκλεισθεί η εκδοχή, κατά την οποία η αύξηση της προσρόφησης του B να ενισχύθηκε και από την αύξηση του ανταλλάξιμου Ca. Παρόμοια αποτελέσματα για την αύξηση της προσρόφησης του B μετά από ασβέστωση εδαφών, δίνονται και από τους Hue et al (1988), οι οποίοι απέδωσαν την αύξηση της προσρόφησης του B στην αύξηση του pH και του  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , όπως αναφέρθηκε παραπάνω.



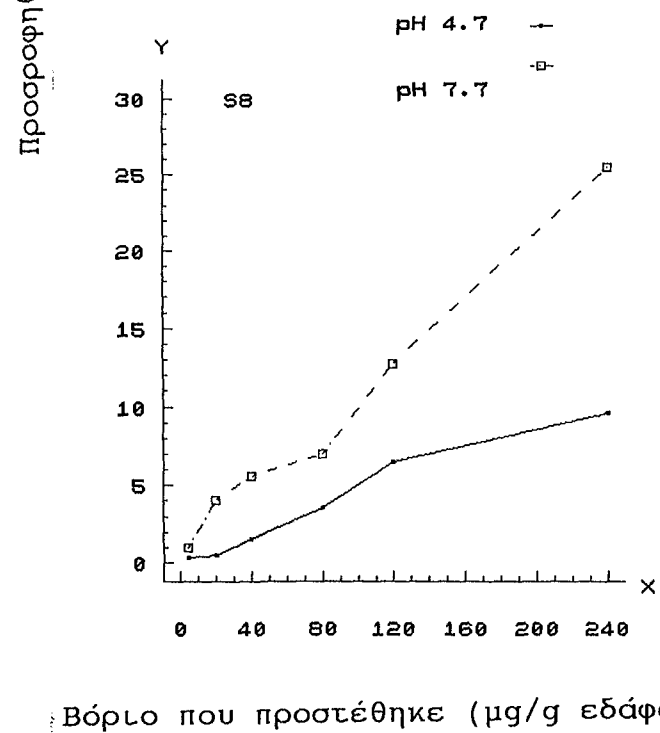
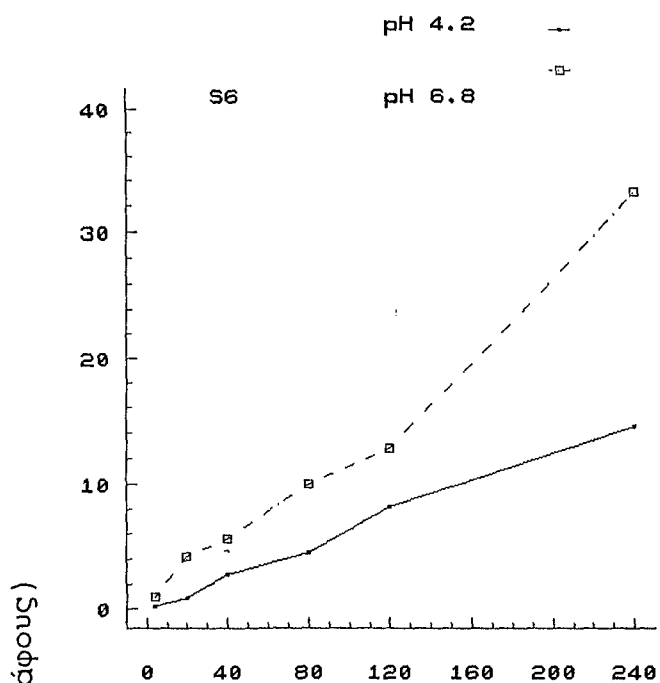
Προσροφηθέν Βόριο ( $\mu\text{g/g}$  εδάφους)



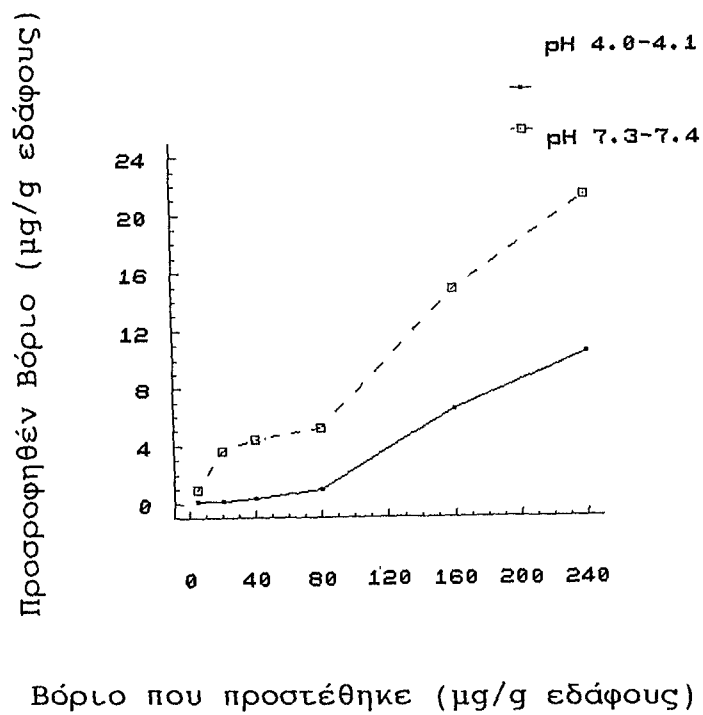
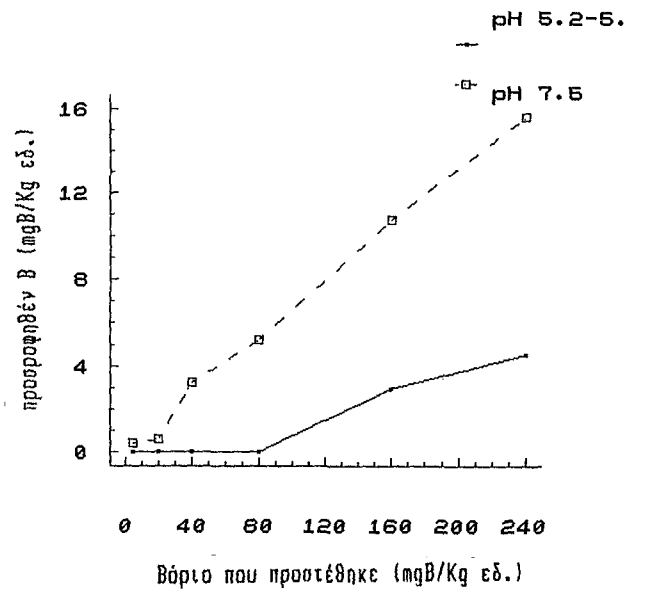
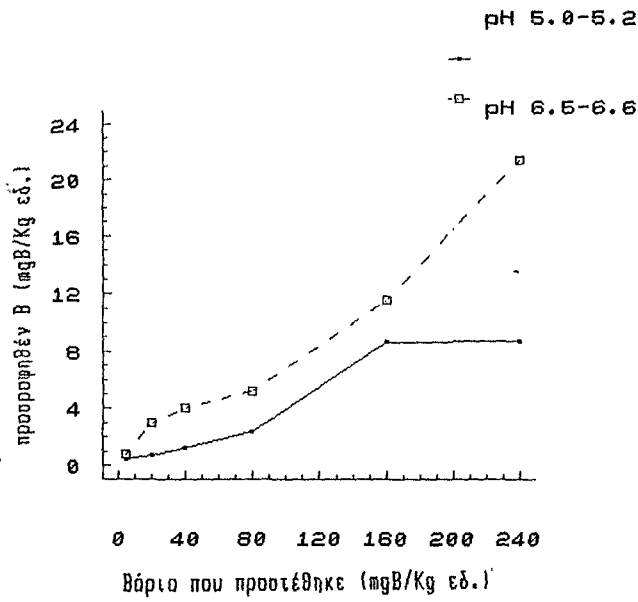
Βόριο που προστέθηκε ( $\mu\text{g/g}$  εδάφους)

Σχ. 28, 29. Επίδραση της ασβέστωσης των εδαφών στην προσρόφιση του Βορίου





Σχ. 30, 31. Επίδραση της ασβέστωσης των εδαφών στην προσρόφιση του Βορίου



Σχ. 32, 33, 34. Επίδραση της ασβέστωσης των εδαφών στην προσρόφηση του Βορίου

#### 4.6.6. Ισόθερμες Προσρόφησης Βορίου.

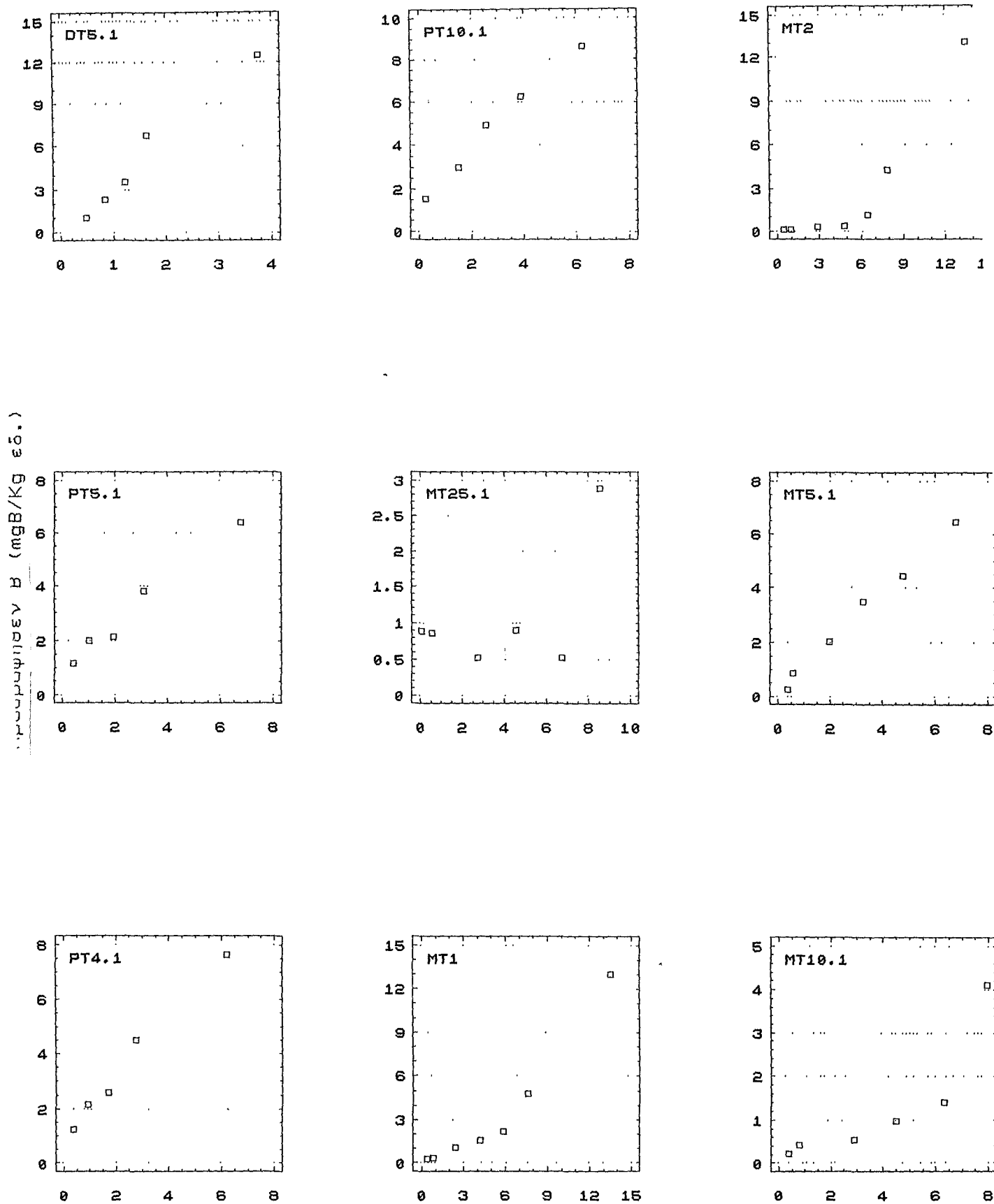
Προκειμένου να μελετηθεί ποσοτικά το φαινόμενο της προσρόφησης του Β, σε τριάντα εδάφη έγιναν ισόθερμες προσρόφησης Β. Τα αποτελέσματα δίνονται στον πίν. 32 (παρ.) και τα σχ. 35, 36 και 37. Αυτά προσαρμόσθηκαν στα μοντέλα των Freundlich και Langmuir και οι παράμετροι αυτών δίνονται στον πίν 33.

Από τα δεδομένα του πίν. 33 φαίνεται ότι στο σύνολο σχεδόν των εδαφών (πλην των ΑΤ<sub>1>.1</sub> και ΜΤ<sub>7.1</sub>), η προσρόφηση του Β περιγράφεται ικανοποιητικά από το μοντέλο του Freundlich. Η εξίσωση του Langmuir απέδωσε ικανοποιητικά την προσρόφηση του Β μόνο σε εννέα από τα τριάντα εδάφη. Πολλοί ερευνητές βρήκαν ότι η προσρόφηση του Β περιγράφεται ικανοποιητικά από την εξίσωση του Freundlich, όπως οι Elrashidi and O'Connor(1982), Evans(1987), Hatcher and Bower (1958), Τσαντήλας (1988).

Οι τιμές της παραμέτρου K του Freundlich κυμάνθηκαν από 0.09-3.11 (εδάφη Μ<sub>1</sub> και ΡΤ<sub>10.1</sub> αντίστοιχα), ενώ της παραμέτρου 1/n από 0.095-1.992. Στο ίδιο εύρος για την παράμετρο K ήταν και οι τιμές που αναφέρουν οι Elrashidi and O'Connor (1982). Η τιμή της παραμέτρου n είναι συνήθως < 1 (Sparks,1986), αλλά πολλές φορές υπερβαίνει τη μονάδα (Elrashidi and O'Connor, 1982).

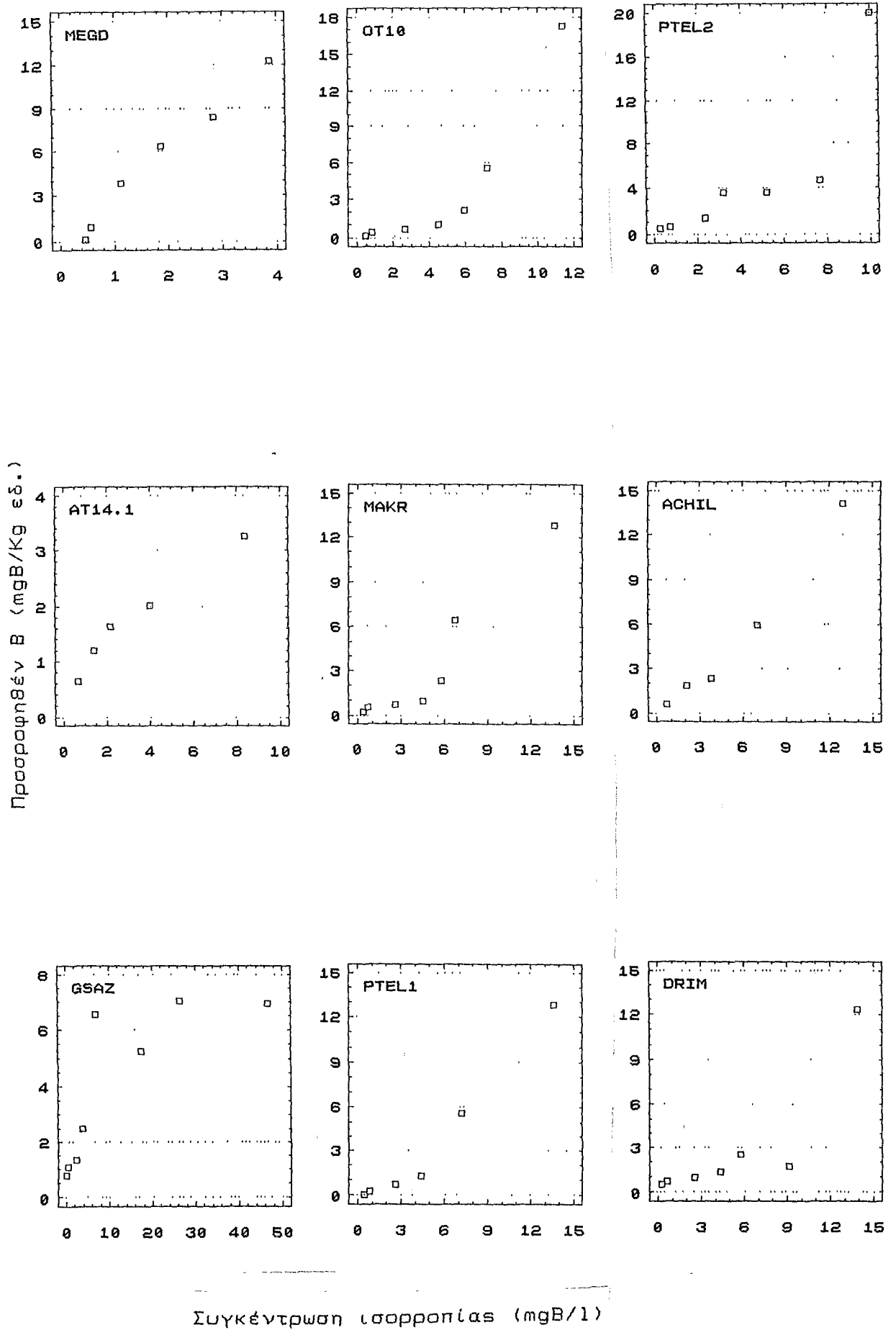
Πολλοί επίσης ερευνητές βρήκαν ότι η προσρόφηση του Β στα εδάφη περιγράφεται ικανοποιητικά από την εξίσωση του Langmuir, όπως οι Hatcher and Bower (1958), Biggar and Fireman (1960), Rhoades et al (1970), Okazaki and Chao

Πίν.33. Προσαρμογή δεδομένων προσρόφησης στα μοντέλα Freundlich και Langmuir						
Έδαφος	Παράμετροι Freundlich			Παράμετροι Langmuir		
	Συντ. συσχ. (r)-	K	1/n	Συντ. συσχ. (r)	K ml/μg	b μgB/ml
PT10.1	0.989	3.11	0.501	0.312	-	-
MET4.1	0.941	2.17	0.325	0.891	0.56	5.71
AT14.1	0.989	0.90	0.623	0.981	-	-
AT17.1	0.117	0.30	0.095	-0.797	-	-
AT21.1	0.883	0.27	0.422	0.710	0.19	1.19
MT5.1	0.979	1.01	0.999	-	-	-
MT7.1	0.498	0.65	0.118	0.968	0.69	1.06
MT10.1	0.904	0.41	0.767	-	-	-
DT5.1	0.991	2.95	0.952	0.656	0.07	45.25
PT4.1	0.990	2.19	0.661	0.889	-	-
PT5.1	0.977	1.85	0.604	0.848	-	-
GT2	0.996	1.46	0.571	0.969	0.27	6.65
MEGD	0.907	1.31	1.992	-0.724	-	-
GSAZ	0.921	1.59	0.384	0.977	0.24	6.51
K2	0.967	0.33	0.723	0.928	26.53	0.28
N4	0.974	0.87	0.745	0.686	68.68	0.56
K3	0.969	0.27	0.954	-0.164	-	-
L4	0.951	0.70	1.052	-0.179	-	-
N3	0.950	1.04	0.848	0.234	-	-
M1	0.988	0.09	0.900	0.164	-	-
M2	0.994	0.23	1.094	-0.556	-	-
A2	0.826	1.36	0.267	0.954	-	-
MAKR	0.911	0.48	1.035	-0.289	-	-
PTEL1	0.977	0.19	1.587	-0.612	-	-
PTEL2	0.928	1.02	0.930	0.729	-	-
ACHIL	0.981	2.49	0.541	0.748	0.15	16.37
DRIM	0.827	0.86	0.596	0.311	-	-
MT1	0.961	0.53	1.016	-0.481	-	-
MT2	0.815	1.23	1.295	-0.525	-	-
OT10	0.940	0.27	1.397	-0.710	-	-

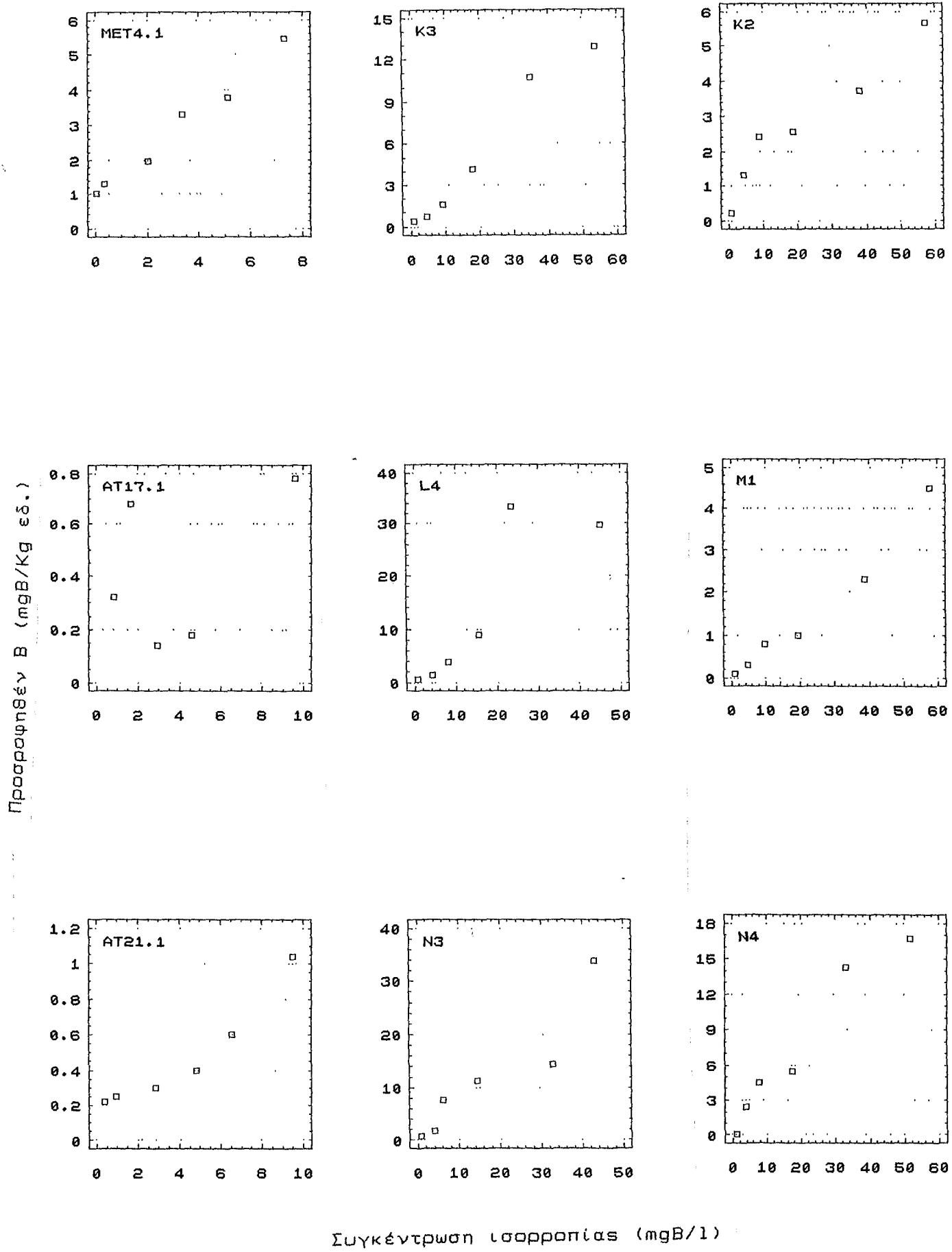


Συγκέντρωση ισορροπίας (mgB/l)

Σχ. 35. Ισόθερμες Προσρόφησης Βορίου



Σχ. 36. Ισόθερμες Προσρόφησης Βορίου



Σχ. 37. Ισόθερμες Προσρόφησης Βορλίου

(1968). Αυτό συμβαίνει σε χαμηλές συγκεντρώσεις Β, ενώ σε υψηλότερες παρατηρούνται αποκλίσεις, τις οποίες ο Hingston (1964), απέδωσε στο γεγονός ότι σε υψηλές συγκεντρώσεις Β λαμβάνουν χώρα διαφορετικές αντιδράσεις από ότι σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Η μέγιστη προσρόφηση Β, (b), όπως υπολογίζεται από την εξίσωση Langmuir, κυμάνθηκε σε πολύ ευρέα όρια (0.28-45.25  $\mu\text{gB/g}$  εδ.).

Στον πίν. 34 φαίνονται οι σχέσεις των παραμέτρων του Freundlich και Langmuir με τις εδαφικές ιδιότητες. Η παράμετρος K του Freundlich (KFr) συσχετίζεται θετικά με την ειδική επιφάνεια, το ποσοστό της αργίλλου, το pH, την CEC και τα οξειδία του Al. Σε εξίσωση πολλαπλής παλινδρόμησης οι παράμετροι, ποσοστό της αργίλλου, άμορφα οξειδία του Fe και pH ερμηνεύουν το 53 % της διακύμανσης αυτής της παραμέτρου. Η παράμετρος NFr ( $=1/n$ ) του Freundlich παρουσίασε ισχυρή συσχέτιση με το ποσοστό των υδατοδιαλυτών υδατανθράκων (WsC), και τα άμορφα οξειδία του Fe, ενώ ένα σημαντικό ποσοστό της διακύμανσής της, (67 %), ερμηνεύεται από το ποσοστό των WsC και την ειδική επιφάνεια των εδαφών. Παρόμοιες σχέσεις για την KFr αναφέρουν και οι Elrashidi and O'Connor (1982).

Οι παράμετροι KFr και NFr, όπως αναφέρθηκε και στο εισαγωγικό μέρος, θεωρείται ότι είναι εμπειρικές, με αμφίβολη φυσική σημασία. Οι ευρεθείσες παραπάνω σχέσεις δημιουργούν προβληματισμούς για την ορθότητα της άποψης αυτής. Όλες οι παράμετροι με τις οποίες σχετίζονται, παίζουν αναμφίβολα σημαντικό ρόλο στην προσρόφηση του Β. Απαιτείται περισσότερη έρευνα για την διερεύνηση του ενδεχομένου να έχουν αυτές οι



Πίν. 34. Απλοί συντελεστές συσχέτισης και εξισώσεις παλινδρόμησης μεταξύ παραμέτρων Freundlich και Langmuir και εδαφικών ιδιοτήτων

Παράμετροι προσρόφησης Βορίου	Εδαφικές ιδιότητες									
	SS	Clay	OM	WSC	pH	CEC	Ald	Al <sub>o</sub>	Fed	Feo
KFr	0.58**	0.65***	-0.24	-0.28	0.42*	0.47*	0.42*	0.59**	0.19	-0.31
NFr	-0.02	-0.07	-0.11	0.79***	0.09	0.10	-0.32	-0.29	0.12	0.64***
KLa	-0.24	-0.47	0.73*	-	0.10	-	-0.41	-0.42	-0.06	0.35
b	0.97***	0.90**	-0.54	-	0.13	0.93***	0.26	0.65	0.25	0.30

$KFr = -0.68 + 0.039(Clays) - 0.20(Feo) + 0.21(pH) \quad r=0.73***$   
 $NFr = 0.21 + 0.002(WSC) + 0.002(SS) \quad r=0.82***$   
 $b = -1.18 + 0.19(SS) - 3.29(Al_0) \quad r=0.98***$

Σημ.: \*, \*\*, \*\*\*: Στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο πιθανότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

παράμετροι φυσική σημασία.

Το μέγιστο προσρόφησης, όπως υπολογίζεται με την εξίσωση Langmuir (b), παρουσίασε ισχυρή συσχέτιση με την ειδική επιφάνεια ( $r=0.97^{***}$ ), το ποσοστό της αργίλλου των εδαφών ( $r=0.90^{***}$ ), και την CEC αυτών ( $r=0.93^{***}$ ). Σε εξίσωση δε πολλαπλής παλινδρόμησης, φαίνεται ότι το 96 % της παραλλακτικότητας αυτού, ερμηνεύεται από την ειδική επιφάνεια και το ποσοστό του άμορφου Al.

Από τις σχέσεις αυτές συμπεραίνεται ότι, στα εν λόγω εδάφη ο κύριος χώρος, στον οποίο ευρίσκονται οι θέσεις προσρόφησης του Β, είναι τα ορυκτά της αργίλλου, από τα οποία εξαρτώνται ισχυρά η ειδική επιφάνεια και η CEC αυτών, όπως υποστηρίχθηκε από πολλούς ερευνητές (Hingston, 1964, Fleet, 1965, Couch and Grim, 1968). Το ότι στις σχετικές εξισώσεις υπεισέρχονται και τα άμορφα οξείδια του Fe και Al, πρέπει να οφείλεται στο ότι τα περισσότερα από αυτά υπάρχουν σαν επικαλύψεις των αργίλλων ή συνδέονται με αυτές (Sims and Bingham, 1968).

#### 4.6.7. Η Σχέση της Προσρόφησης του Βορίου με την Οργανική Ουσία.

Οι Midgley and Dunklee (1939), απέδωσαν την αύξηση της προσρόφησης του Β σε podzol εδάφη που παρατηρήθηκε μετά την προσθήκη ασβέστου, στην οργανική τους ουσία, η οποία δέσμευε το Β με χημικό τρόπο. Οι Parks and White (1952), βρήκαν ότι συστήματα κούμου που εκχύλισαν από έδαφος με διάλυμα 0.1 M πυροφωσφορικού Na και κόρεσαν με H και Ca, δέσμευαν το Β σε σημαντικό βαθμό. Οι Berger and Pratt (1963), υποστήριξαν ότι

ένα σημαντικό ποσοστό του ολικού Β των εδαφών συνδέεται με την οργανική τους ουσία. Οι Yermiyaho et al (1988), εργαζόμενοι σε κομπόστα προερχόμενη από κόπρο αγελάδων, βρήκαν ότι στο υλικό αυτό συγκρατούνταν σημαντικές ποσότητες Β, που ήταν μεγαλύτερες από αυτές που συγκρατούν συστήματα αργίλλων και εδαφών κορεσμένων με Ca, παρατήρησαν δε ότι το εν λόγω υλικό παρουσίαζε μεγαλύτερη συγγένεια με το κατιόν  $\text{CaB(OH)}_4^+$  σε σύγκριση με το ανιόν  $\text{B(OH)}_4^-$ . Επίσης οι ίδιοι παρατήρησαν ότι η συγκράτηση του Β ήταν ισχυρή, ώστε να μη είναι αντιστρεπτή. Σε προηγούμενο κεφάλαιο, (4.5.1.2), παρατηρήσαμε ότι το HwsB συσχετίζεται ισχυρά με την οργανική ουσία και σε εδάφη με υψηλό ποσοστό  $\text{CaCO}_3$  και υψηλό pH.

Οι Parks and White (1952) και Yermiyaho et al (1988), υπέθεσαν ότι η συγκράτηση του Β από την οργανική ουσία γίνεται μέσω ενός μηχανισμού ligand exchange στις διϋδροξυ- και υδροξυ-καρβοξυλομάδες, όπως προτάθηκε από τους Boeseken (1949), και Kustin and Pizer (1969), για τα σάκχαρα ή το ταρταρικό οξύ. Σχετικά αναφέρεται στο εισαγωγικό μέρος.

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, οι Mezuman and Keren (1981), έδειξαν ότι η οργανική ουσία έχει πολύ μικρή επίδραση στην προσρόφηση του Β, δεδομένου ότι μερική καταστροφή αυτής με  $\text{H}_2\text{O}_2$ , δεν επηρέασε καθόλου το φαινόμενο. Ο Razaratnam (1972), έδειξε ότι η καταστροφή της οργανικής ουσίας με  $\text{H}_2\text{O}_2$  σε ορισμένα από τα εδάφη που μελέτησε, δεν είχε καμιά επίδραση στην προσρόφηση του Β, ενώ σε άλλα, είχε σαν αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση της προσρόφησης αυτού. Ο εν λόγω ερευνητής υποστήριξε ότι η κολλοειδής οργανική ουσία με αρνητικό φορτίο

στην επιφάνειά της ανταγωνίζεται με τα βορικά ανιόντα για τις ίδιες θέσεις προσρόφησης, γι' αυτό, όταν απομακρύνεται, η προσρόφηση του Β αυξάνει. Επίσης υποστήριξε ότι η οργανική ουσία δρα σαν "buffer" στην πρόληψη της προσρόφησης του Β από άλλες ουσίες, όπως τα οξειδία του Fe και Al.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι ο ρόλος της οργανικής ουσίας στη συγκράτηση του Β στα εδάφη δεν είναι πλήρως γνωστός. Έτσι προκειμένου να ερευνηθεί περαιτέρω ο ρόλος της στα μελετώμενα εδάφη, έγιναν τα ακόλουθα:

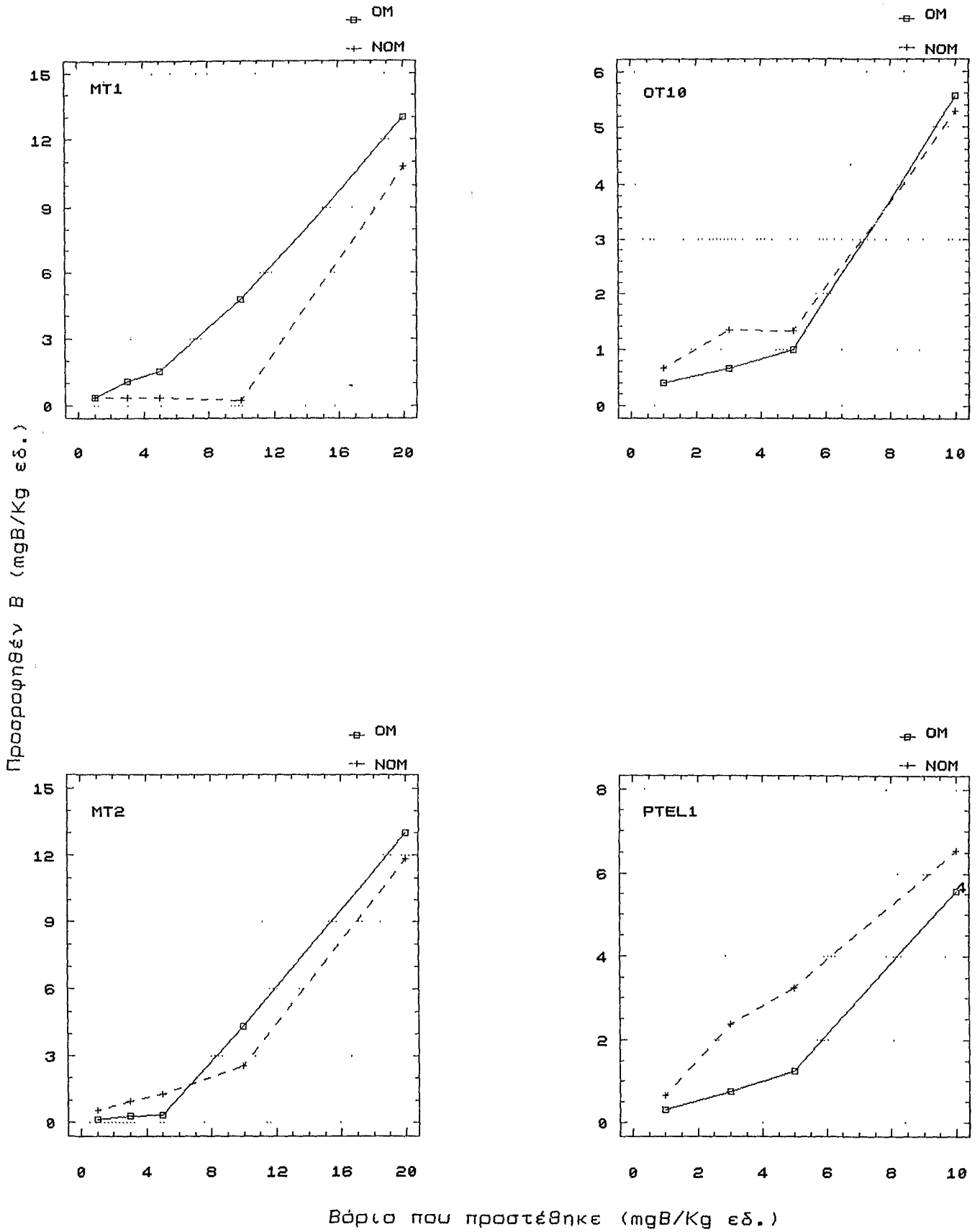
- Σε ορισμένο αριθμό εδαφών έγιναν ισόθερμες προσρόφησης Β τόσο στη φυσική τους κατάσταση, όσο και ύστερα από απομάκρυνση από αυτά της οργανικής τους ουσίας με  $H_2O_2$ .

- Από ορισμένα εδάφη εκχυλίσθηκαν χουμικά (HA) και φουλβικά οξέα (FA), για να μελετηθεί η σχέση τους με τη συγκράτηση του Β.

#### 4.6.7.1. Η Επίδραση της Απομάκρυνσης της Οργανικής Ουσίας στην Προσρόφηση του Β.

Σε προηγούμενο κεφάλαιο (4.6), διαπιστώθηκε ότι σε προσρόφηση Β που έγινε υπό σταθερή συγκέντρωση Β, σε 68 εδαφικά δείγματα το προσροφούμενο Β δεν συσχετίζεται με το ποσοστό της οργανικής ουσίας των εδαφών. Μόνο σε εδάφη με  $pH > 6.0$  η οργανική ουσία έδειξε να παίζει κάποιο ρόλο στην προσρόφηση του Β (πίν. 29).

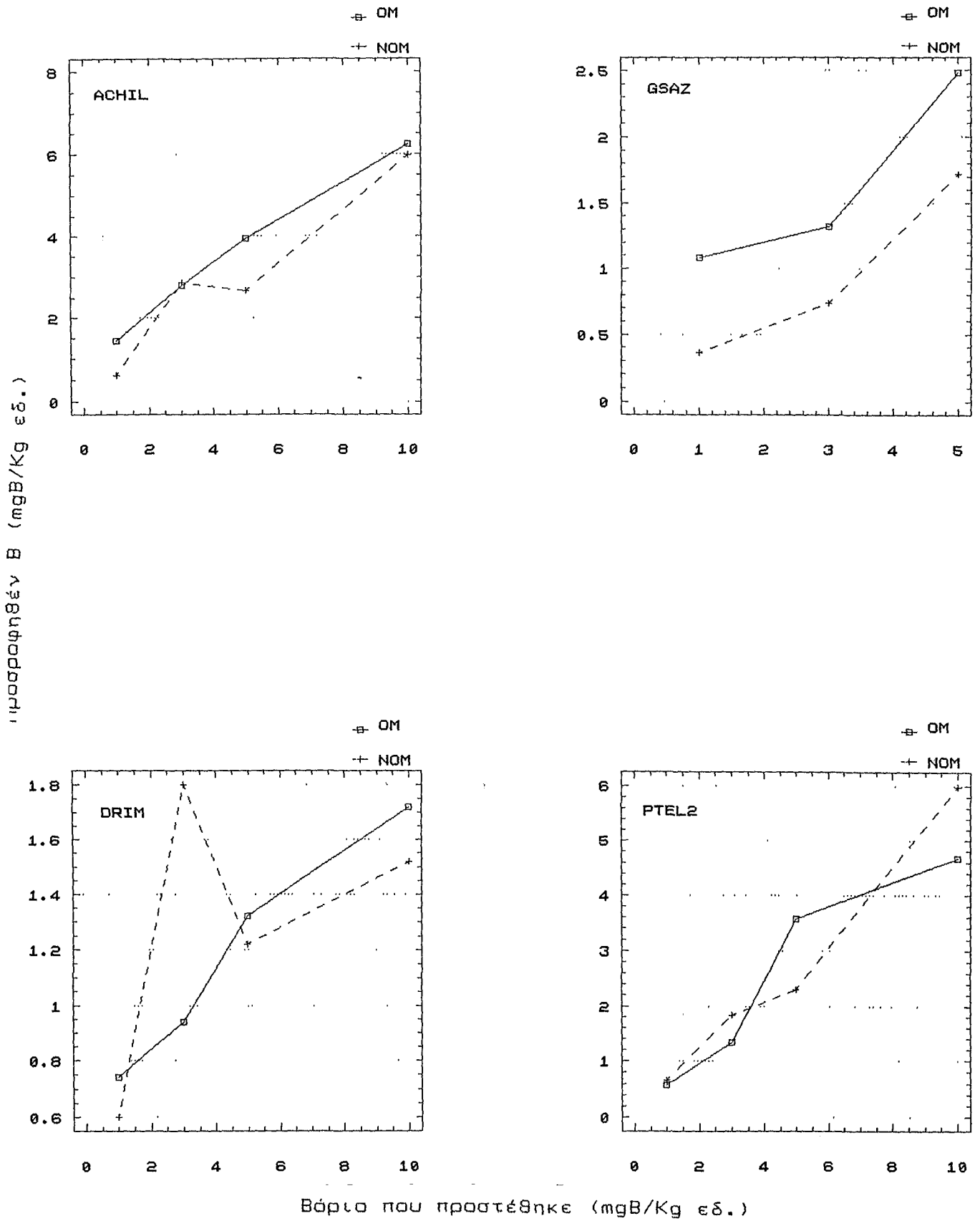
Στον πίν. 31 (παράρτημα) και στα σχ. 38 και 39 φαίνονται τα αποτελέσματα της προσρόφησης του Β σε εδάφη, αφ' ενός στην αρχική τους κατάσταση και αφ' ετέρου, ύστερα από την απομάκρυνση της οργανικής ουσίας τους. Από τα δεδομένα αυτά



Σχ. 38. Επίδραση της Οργανικής Ουσίας στην Προσρόφηση του Βορίου

OM: Έδαφος με οργανική ουσία

NOM: Έδαφος μετά την απομάκρυνση της οργανικής ουσίας



Σχ. 39. Επίδραση της Οργανικής Ουσίας στην Προσρόφηση του Βορίου

OM: Έδαφος με οργανική ουσία  
NOM: Έδαφος μετά την απομάκρυνση της οργανικής ουσίας

φαίνεται ότι σε τρία εδάφη (MT<sub>1</sub>, GSAZ και PTEL<sub>2</sub>), η απομάκρυνση της οργανικής ουσίας μείωσε σε μικρό ποσοστό την προσρόφηση του Β. Στο έδαφος PTEL<sub>1</sub>, η απομάκρυνση της οργανικής ουσίας έτεινε να αυξήσει ελαφρά την προσρόφηση του Β, ενώ στα εδάφη OT<sub>10</sub>, MT<sub>2</sub> και DRIM δεν την επηρέασε σχεδόν καθόλου. Οι παρατηρήσεις αυτές είναι σε συμφωνία με τα δεδομένα των Mezuman and Keren (1981) και του Razaratnam (1972).

#### 4.6.7.2. Η Σχέση των Χουμικών (HA) και Φουλβικών (FA) Οξέων με το Β.

Τα HA και τα FA περιέχουν ένα μεγάλο αριθμό ενεργών ομάδων μέσω των οποίων μπορούν να αντιδρούν με διάφορα στοιχεία ή ενώσεις. Οι αντιδράσεις αυτές έχουν περιγραφεί σαν *ανταλλαγή ιόντων, επιφανειακή προσρόφηση, chelation* κ.α. (Schnitzer and Khan, 1978). Μέσω των αντιδράσεων αυτών συνδέονται με τα HA και τα FA ένας μεγάλος αριθμός στοιχείων σε σημαντικές ποσότητες.

Για τη μελέτη των ενεργών ομάδων, μεταξύ των άλλων, χρησιμοποιείται ευρύτατα η υπέρυθη φασματοσκοπία (IR), με την οποία μελετάται η δομή και η διαμόρφωσή τους μέσω των φασμάτων απορρόφησης, που είναι χαρακτηριστικά για την κάθε μια από αυτές (Schnitzer and Khan, 1978, Stevenson, 1982). Οι αντιδράσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω, προκαλούν μεταβολές στα υπέρυθρα φάσματα, από τις οποίες ερευνάται το είδος και οι μηχανισμοί αυτών. Για την έρευνα τέτοιων θεμάτων η υπέρυθη φασματοσκοπία χρησιμοποιήθηκε από πολλούς (Prasad and Sinha, 1980, Schnitzer and Skinner, 1965).

Πίν.35.Ιδιότητες εδαφών απ'τα οποία εκκυλίσθηκαν τα ΗΑ,FA.									
A/A Δείγμ.	Κοκκομετρική Σύσταση Sand Silt Clay -----%-----			Χαρακτ.	pH H <sub>2</sub> O (1:1)	Οργ.Ουσ. %	N %	C/N	
ΜΕΓΔ.	48	32	20	L	6.5	13.50	0.45	17.4	
ΟΤ10	44	32	24	L	6.4	3.17	0.28	6.6	
ΓΣΑΖ	55	28	17	SL	6.2	3.32	0.39	4.9	
	Υδατοδιαλυτοί Υδατάνθρακες. — μg/g εδ.—		Ειδική Επιφάνεια —m <sup>2</sup> /g εδ.—		NH <sub>2</sub> OH.HCl Mn μg/g εδ.	Οξαλ.Αμμών. Fe Al -----%			
ΜΕΓΔ	665		37		6523	0.16	0.21		
ΟΤ10	669		71		250	0.18	0.06		
ΓΣΑΖ	211		21		118	0.06	0.05		
Κλασμάτωση Βορίου									
Βόριο εκκυλιζόμενο με:									
	Ψυχρό H <sub>2</sub> O	0.01 M CaCl <sub>2</sub>	0.01 M Μαννιτ. μg/g εδ.		NH <sub>2</sub> OH. HCl	Οξαλ. Αμμών.	Λοιπό Βόριο	Ολικό Βόριο	
ΜΕΓΔ		0.11	0.12		0.67	17.9	57.10	75.9	
ΟΤ10		0.10	0.07		1.05	4.52	61.86	67.6	
ΓΣΑΖ		0.05	<0.01		0.17	6.08	31.90	38.2	

Το Β έχει βρεθεί στην τέφρα ΗΑ και FA (Chen et al,1978, Μουστάκας,1990), ενώ πιστεύεται ότι οι αντιδράσεις σχηματισμού συμπλόκων με τα σάκχαρα, που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα, λαμβάνουν χώρα και στα εδάφη (Schnitzer and Chan, 1978).

Για τη μελέτη των σχέσεων των ΗΑ και FA με το το Β στην παρούσα εργασία, εκκυλίσθηκαν από τρία εδάφη, των οποίων τα χαρακτηριστικά φαίνονται στον πίν. 35, τα ΗΑ και FA με 0.1 N NaOH, όπως περιγράφεται στο σχετικό κεφάλαιο (3.2.15). Το ένα από τα εδάφη αυτά (ΜΕΓΔ), είναι δασικό από την περιοχή του Μέγδοβα Καρδίτσας, ενώ τα άλλα δύο είναι γεωργικά εδάφη από



περιοχές του Ν. Λάρισας (Χωριά Γόννοι και Ομόλιο). Είναι εδάφη χωρίς ανθρακικό ασβέστιο, με υψηλό ποσοστό οργανικής ουσίας και pH 6.2-6.5. Από την κλασμάτωση του Β στα εδάφη αυτά φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό από το ολικό Β, συνδέεται με τα οξειδία του Fe, την άργιλλο και τα οξειδία του Mn. Στους πίν. 36, 37 και 38 δίνονται οι ενεργές ομάδες, η στοιχειακή ανάλυση καθώς και η ανάλυση της τέφρας των HA και FA και στα σχ. 40, 41 φαίνονται τα υπέρυθρα φάσματα αυτών, ενώ στον πίν. 39 οι ζώνες απορρόφησης αυτών.

Παρόμοιες τιμές για τις ομάδες των HA και FA δίνουν και οι Καλλιανού and Υασσογιού (1985) για HA και FA προερχόμενα από επιφανειακούς ορίζοντες ελληνικών εδαφών Alfisols, εκτός από τις τιμές των καρβοξυλικών ομάδων των FA, που είναι υψηλότερες και των φαινολικών ομάδων επίσης των FA, που είναι χαμηλότερες από αυτές των πιν. 36 και 37. Παρόμοιες τιμές για τις ίδιες ιδιότητες δημοσίευσαν και οι Chen et al (1978), για εδάφη μεσογειακών χωρών.

Ο λόγος της απορρόφησης στα 465 και 665 nm,  $E_4/E_6$ , θεωρείται δείκτης χουμοποίησης (Stevenson, 1982). Χαμηλές τιμές αυτού δηλώνουν μεγάλες τιμές μοριακού βάρους και υψηλό βαθμό συμπύκνωσης. Οι τιμές που παρατηρήθηκαν εδώ είναι υψηλές για τα HA και εντός των αναφερόμενων στη βιβλιογραφία ορίων για τα FA, πλην του εδάφους OT<sub>10</sub>, για το οποίο η τιμή του είναι πολύ χαμηλή (Stevenson, 1982). Ο βαθμός χουμοποίησης του εδάφους OT<sub>10</sub> πρέπει να είναι μεγαλύτερος σε σχέση με τα άλλα δύο εδάφη, από τα οποία το ένα (ΜΕΓΔ) είναι δασικό, ενώ στο άλλο (ΓΣΑΖ) προστίθεται κόπρος ζώων με μικρό

Πίν.36. Ολική Οξύτητα, Καρβοξυλικές και Φαινολικές Ομάδες των ΗΑ και FA

	Ολική οξύτητα —meq/g	Καρβοξυλικές ομάδες ΗΑ,FA ελ.τέφρας	Φαινολικές ομάδες	E <sub>4</sub> /E <sub>6</sub>
ΗΑ				
ΜΕΓΔ	7.14	3.23	3.91	5.21
ΓΣΑΖ	7.50	3.20	4.30	5.62
ΟΤ <sub>10</sub>	5.79	2.55	3.24	4.79
FA				
ΜΕΓΔ	11.70	4.55	7.15	6.14
ΓΣΑΖ	12.80	4.86	7.94	6.67
ΟΤ <sub>10</sub>	10.83	5.60	6.23	3.87

Πίν. 37. Στοιχειακή ανάλυση των χουμικών και ψουλβικών οξέων

	C	H % ελεύθερα	O τέφρας	N	Τέφρα %
ΗΑ					
ΜΕΓΔ	53.12	5.22	38.40	3.26	18.10
ΓΣΑΖ	56.16	7.24	30.18	6.42	32.21
ΟΤ <sub>10</sub>	59.06	6.06	28.45	6.43	25.86
FA					
ΜΕΓΔ	44.58	5.77	46.46	3.19	22.30
ΓΣΑΖ	49.39	7.06	39.93	3.62	19.85
ΟΤ <sub>10</sub>	44.65	7.24	45.22	2.89	15.70

Πίν.38.Στοιχειακή ανάλυση τέφρας χουμικών και ψουλβικών οξέων

	Fe	Al	Mn	Zn % της τέφρας	Cu	B	Ca	Na	K
ΗΑ									
ΜΕΓΔ	4.66	1.58	0.010	0.007	0.05	0.002	0.08	1.73	0.63
ΓΣΑΖ	6.07	2.28	0.039	0.009	0.06	0.004	0.07	1.52	0.66
ΟΤ <sub>10</sub>	6.70	0.83	0.010	0.009	0.32	0.002	0.19	1.39	0.66
FA									
ΜΕΓΔ	1.84	1.07	0.001	0.005	0.019	0.004	0.05	2.68	1.36
ΓΣΑΖ	0.46	0.73	0.001	0.019	0.019	0.003	0.04	3.83	1.33
ΟΤ <sub>10</sub>	1.95	1.52	0.009	0.008	0.060	0.003	0.10	2.95	1.39

βαθμό κουμποποίησης.

Τα υπέρυθρα φάσματα των ΗΑ και των FA ερμηνεύονται σύμφωνα με τους Mortensen et al (1965) και Stevenson (1982), ως εξής:

- Η ευρεία ζώνη στη συχνότητα  $3400-3420\text{ cm}^{-1}$  (πίν.39), οφείλεται κυρίως σε δονήσεις τάσεως των OH που συνδέονται με δεσμούς υδρογόνου και N-H ομάδων σε πολύ μικρά ποσοστά.

- Οι ζώνες απορρόφησης στη συχνότητα  $2920-2840\text{ cm}^{-1}$  προέρχονται από δονήσεις τάσεως αλειφατικών ομάδων  $\text{CH}_2$  και  $\text{CH}_3$ .

- Η ζώνη στα  $1710-1730\text{ cm}^{-1}$  οφείλεται σε δονήσεις τάσεως της ομάδας C=O των καρβοξυλίων και κετονών.

- Η ζώνη στα  $1630-1640\text{ cm}^{-1}$  οφείλεται σε πολλά είδη ομάδων, όπως C=C (τάσεως), αμιδικών, C=C (τάσεως) σε αρωματικούς δακτυλίους, C=O κινονών και ή C=O κετονών.

- Η σχετικά ισχυρή ζώνη στα  $1540-1550\text{ cm}^{-1}$  αποδίδεται σε δονήσεις τάσεως συμμετρικών ομάδων  $\text{COO}^-$  ή C=N ομάδων.

- Η ευρεία και ασθενής απορρόφηση στα  $1380-1400\text{ cm}^{-1}$  αποδίδεται επίσης σε διάφορες ομάδες, όπως συμμετρικές τάσεως  $\text{COO}^-$ , C-H από παραμόρφωση  $\text{CH}_2$  και  $\text{CH}_3$  αλειφατικών ομάδων και O-H σε αλκοόλες και φαινόλες.

- Τέλος η απορρόφηση στην περιοχή  $1020-1030\text{ cm}^{-1}$  οφείλεται σε δονήσεις παραμορφώσεως OH και δονήσεις τάσεως των φαινολικών και αλκοολικών ομάδων καθώς και των Si-O των πυριτικών προσμίξεων.

Πίν. 39. Ζώνες Απορροφήσεως, Τύποι και Ομάδες Δονήσεως των Χουμικών και Φουλβικών οξέων

Χουμικά οξέα									
Έδαφος	Ζώνες απορροφήσεως								
	cm <sup>-1</sup>								
ΜΕΓΔ	3420	2920	2840	1730	1640	1540	1030		
ΓΣΑΖ	3400	2920	2850	1730	1645	1550	1020		
ΟΤ10	3400	2920	2840	1710	1640	1540	1030		
Φουλβικά οξέα									
Έδαφος	Ζώνες απορροφήσεως								
	cm <sup>-1</sup>								
ΜΕΓΔ	3420	2920	2840	1730	1630	1550	1030	-	-
ΓΣΑΖ	3400	2920	2840	1730	1640	1550	1380	510	460
ΟΤ10	3400	2920	2840	1730	1630	1550	1400	1030	-
Τύποι δονήσεως									
3400 - 3420	cm <sup>-1</sup>	: O-H stretching, N-H stretching (ίχνη)							
2920 - 2840	"	: Αλιφατικές ομάδες C-H stretching							
1710 - 1730	"	: C=O stretching των COOH και κετονών (ίχνη)							
1630 - 1640	"	: Αρωματικά C=C stretching αμιδικών ομάδων, κινονών C=O και/ή C=O κετονών.							
1540 - 1550	"	: COO <sup>-</sup> συμμετρικές stretching, C=N stretching.							
1380 - 1400	"	: C-O stretching φαινολικών OH, COO <sup>-</sup> αντισυμμετρικά stretching.							
1020 - 1030	"	: C-O stretching των φαινολικών και αλκοολικών ομάδων, πολυσακχαριτών και Si-O πυριτικών προσμίξεων.							

Όλα τα φάσματα, τόσο των HA όσο και των FA (σχ. 40, 41) χαρακτηρίζονται από την παρουσία εμφανών ζωνών απορρόφησης στις περιοχές 1540-1550 cm<sup>-1</sup> και περί τα 1050 cm<sup>-1</sup>. Αυτού του τύπου τα φάσματα δηλώνουν την παρουσία πρωτεϊνών και υδατανθράκων (Stevenson, 1982).

Προκειμένου να μελετηθεί η σχέση των HA και FA με το B έγιναν οι ακόλουθες μεταχειρίσεις:

α) Στο HA του δείγματος ΜΕΓΔ, σε ποσότητα 0.1 g, προστέθηκαν 10 ml 0.01 M  $\text{CaCl}_2$  με συγκέντρωση B 2  $\mu\text{g/ml}$  (το B με τη μορφή  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) εντός πλαστικής φιάλης και ανακινήθηκε επί 24 h. Το pH του αιωρήματος ήταν 5.6. Στο υπερκείμενο, ύστερα από φυγοκέντρηση και διήθηση, προσδιορίσθηκε η συγκέντρωση του B και βρέθηκε ίση με την αρχική (2  $\mu\text{g/ml}$ ). Κατά συνέπεια η προσρόφηση του B ήταν μηδενική.

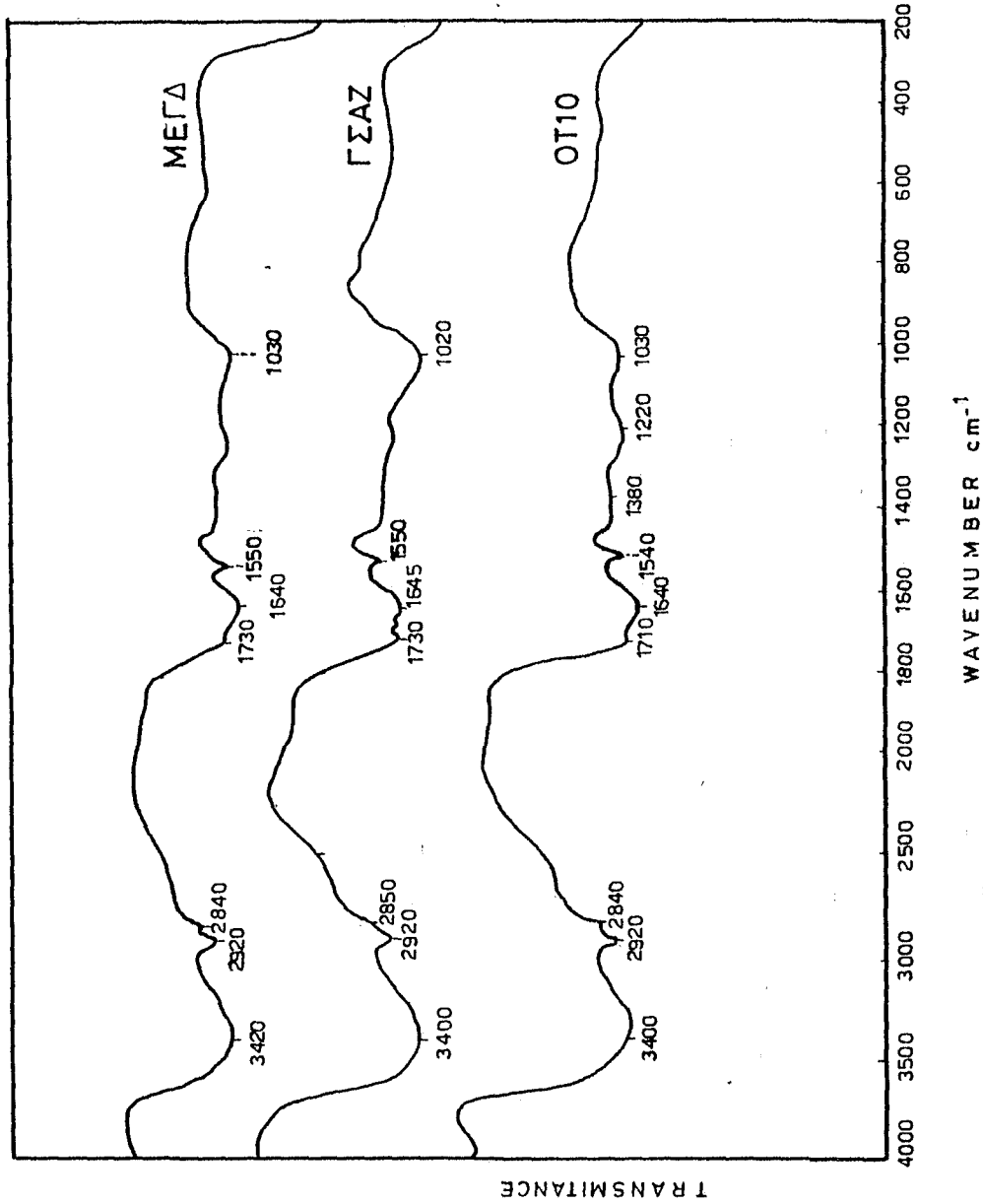
β) Σε ποσότητες από 20 mg HA εντός μεμβρανών διάλυσης του ίδιου δείγματος (ΜΕΓΔ), προστέθηκαν 20 ml υδατικό διάλυμα με συγκέντρωση B 5  $\mu\text{g/ml}$ , το pH του οποίου ρυθμίστηκε με NaOH όπως φαίνεται στον πίν. 40. Οι μεμβράνες διάλυσης εμβαπτίσθηκαν εντός κυλίνδρων, ώστε να είναι βυθισμένες εξ ολοκλήρου εντός ίσης ποσότητας (20 ml) διαλύματος με την ίδια συγκέντρωση B και το ίδιο pH. Τα δείγματα αφέθηκαν να έρθουν σε ισορροπία σε θερμοκρασία δωματίου, ανακινούμενα ανά διαστήματα, επί 9 ημέρες (Parks and White, 1952). Στη συνέχεια μετρήθηκε η συγκέντρωση του B στην εξωτερική πλευρά της μεμβράνης. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίν. 40.

γ) Σε 500 mg από όλα τα δείγματα HA και FA προστέθηκαν 250 ml διάλυμα βόρακα με συγκέντρωση B 200  $\mu\text{g/ml}$  και αναμίχθηκαν μέχρι πλήρους διάλυσης των HA και FA. Το pH σε όλα τα διαλύματα ήταν > 7.9 και μέχρι 8.9. Στην κατάσταση αυτή αφέθηκαν επί 24 h και στη συνέχεια συμπυκνώθηκαν σε συμπυκνωτή με τη βοήθεια κενού. Στα δείγματα που προέκυψαν έγιναν εκ νέου υπέρυθρα φάσματα απορρόφησης, που φαίνονται

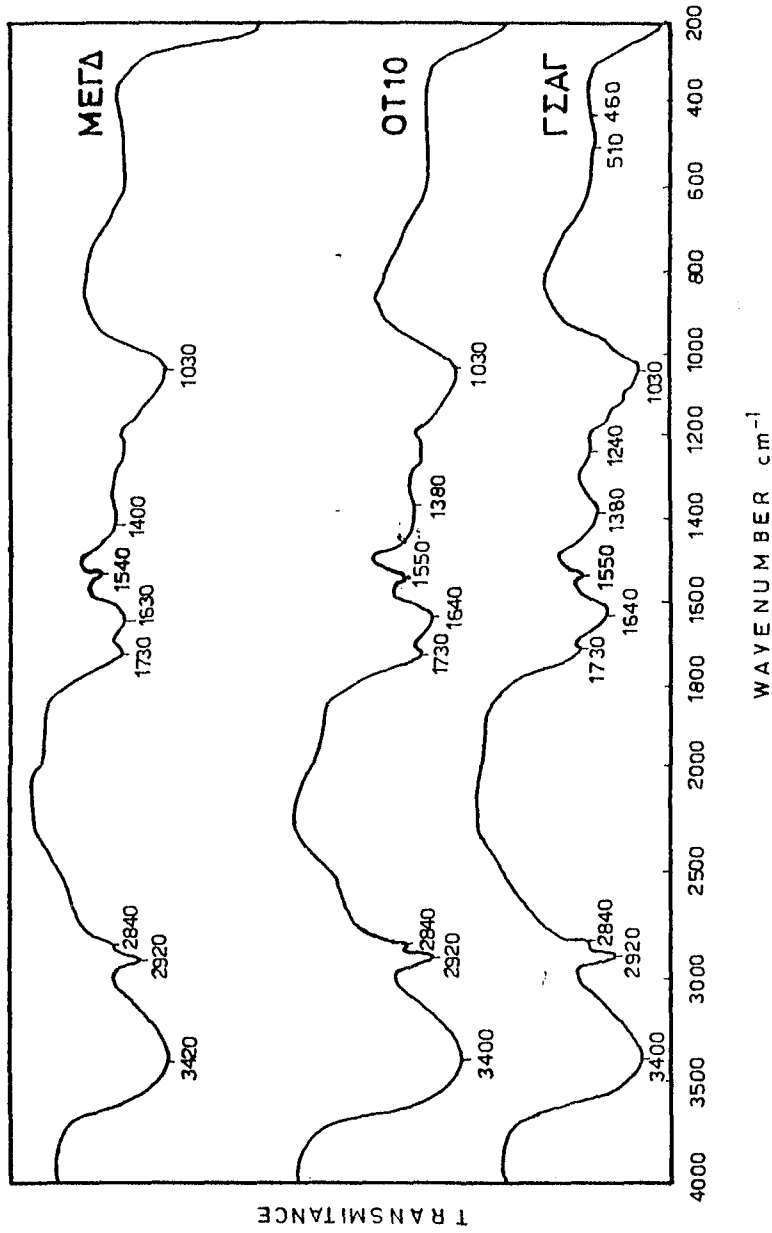
στα σχ. 42 και 43. Σε ένα δείγμα HA προερχόμενο από το έδαφος ΜΕΓΔ ακολουθήθηκε η διαδικασία : Μετά τη διάλυσή του στο διάλυμα βόρακα και την πάροδο των 24 h, το HA διαχωρίσθηκε από το διάλυμα με προσθήκη διαλύματος HCl 6N, θρόμβωση και διήθηση μέσω ηθμού. Το δείγμα ξηράνθηκε στον αέρα και στη συνέχεια πάρθηκε και από αυτό υπέρυθρο φάσμα απορρόφησης (σχ.44).

Από τις δύο πρώτες μεταχειρίσεις (α,β) φαίνεται ότι το B έχει χημική συγγένεια με τα HA και προσροφάται από αυτά, αλλά η σχέση τους εξαρτάται ισχυρά από το pH. Εάν το B δεν είχε χημική συγγένεια με το HA, θα έπρεπε η συγκέντρωσή του στην εξωτερική πλευρά να παραμείνει η ίδια με την αρχική, όπως του μάρτυρα. Η διαφορά από την αρχική συγκέντρωση προσροφήθηκε από το HA εντός της μεμβράνης (Parks and White, 1952). Σε τιμές pH 5.8 και χαμηλότερες δεν συμβαίνει προσρόφηση B, η οποία αυξάνεται σημαντικά με την αύξηση του pH. (Συντελεστής συσχέτισης μεταξύ ποσού προσροφούμενου B και pH 0.90\*\*, σχ.46).

Οι Parks and White (1952), εργαζόμενοι με HA, τα οποία εκχύλισαν με 0.1 M πυροφωσφορικό Na και κόρεσαν με H και Ca, βρήκαν υψηλότερες τιμές προσροφούμενου B ανά g HA. Το προσροφούμενο B επηρεάζονταν από τη συγκέντρωση B στο διάλυμα. Οι Yermiyaho et al (1988), εργαζόμενοι με οργανική ουσία προερχόμενη από κόπρο αγελάδων, βρήκαν ότι αυτή προσροφά B σε ποσά πολύ μεγαλύτερα εκείνων, που προσροφούν εδάφη ή άργιλλοι και η προσρόφηση εξαρτάται από τη συγκέντρωση του B στο διάλυμα και το pH αυτού. Η μέγιστη

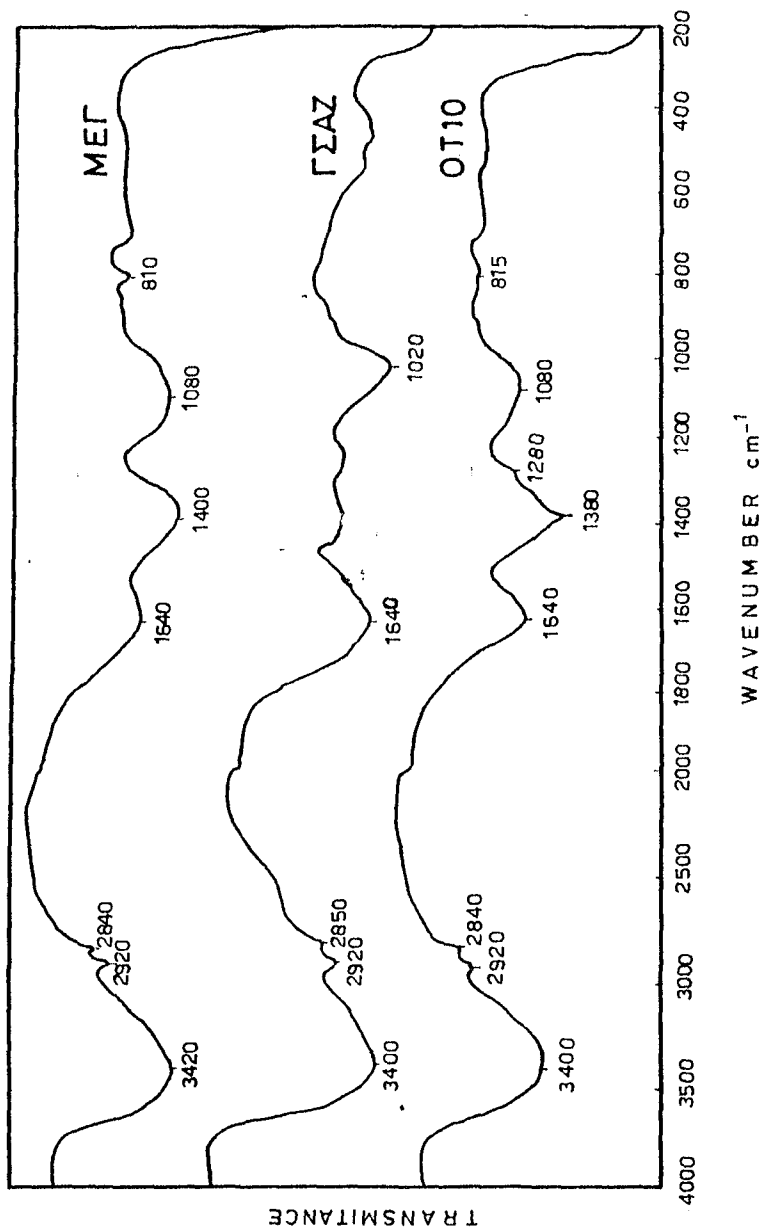


ΣΧ. 40. Φάσματα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) των χουμικών οξέων

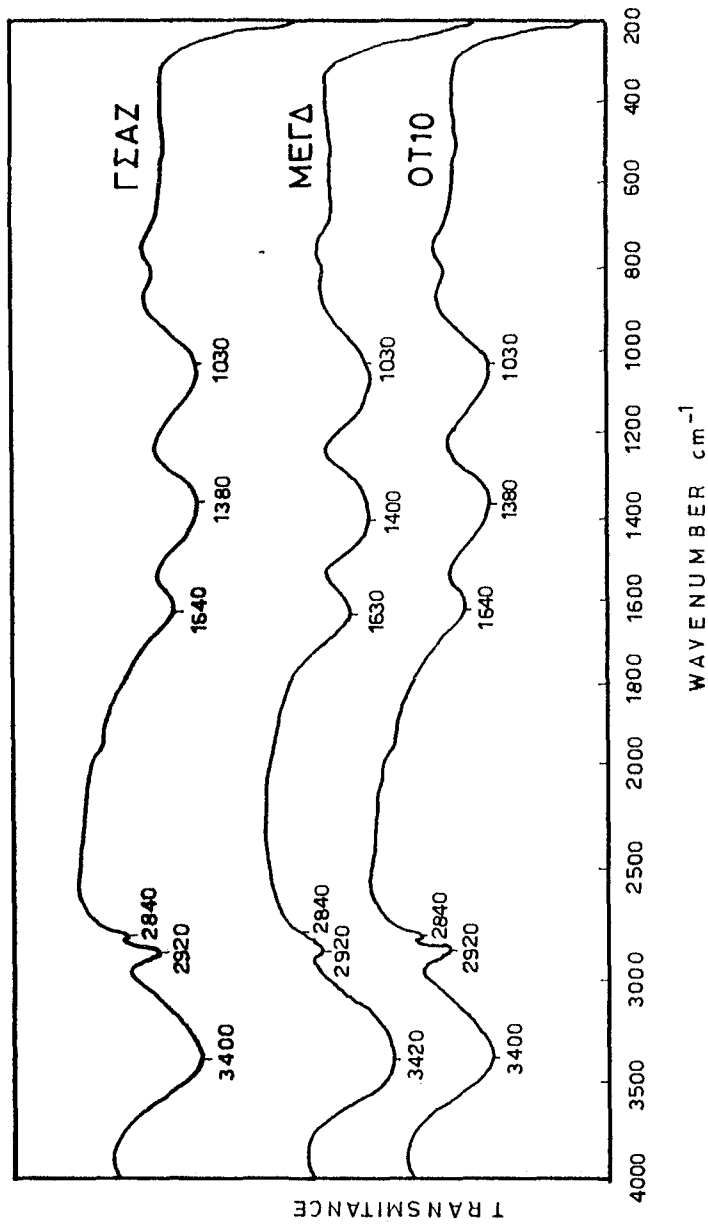


ΣΧ. 41. Φάσματα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) των  
φουλβικών οξέων

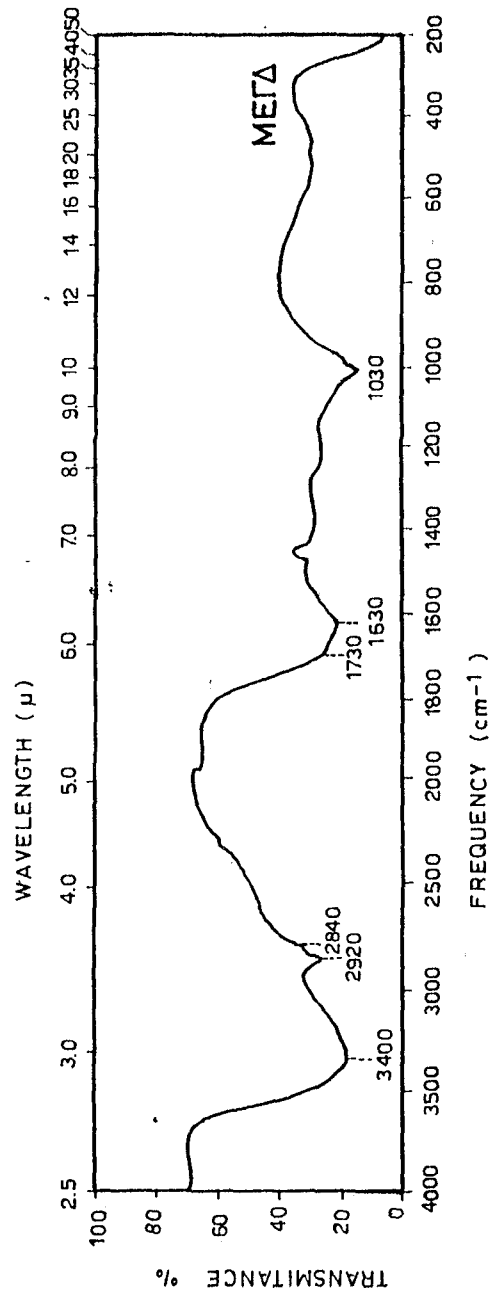




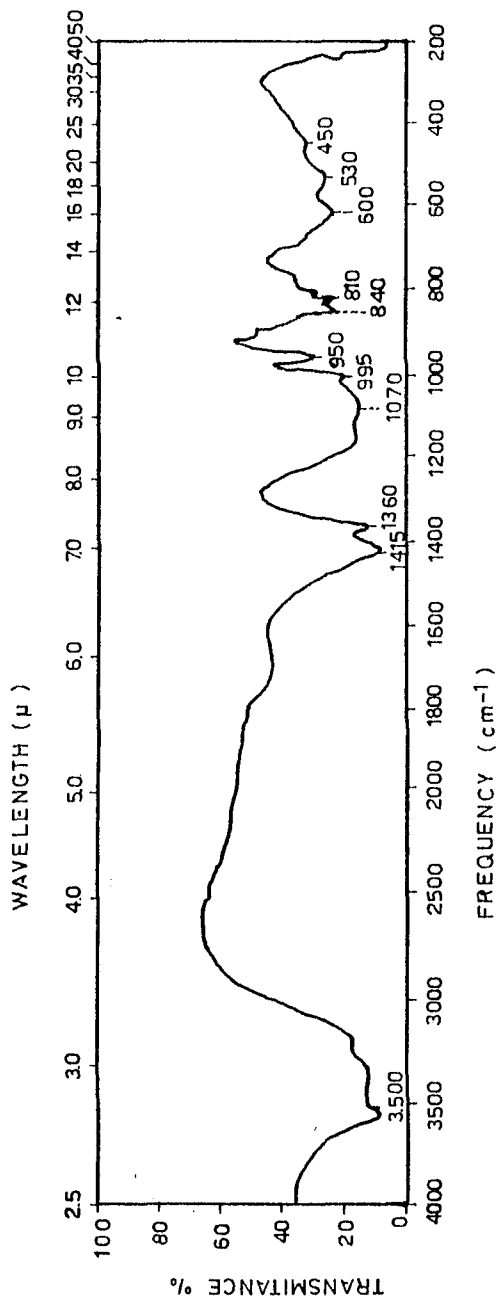
ΣΧ. 42. Φάσματα υπέρυθρης ακτινολογίας (IR) των χουμικών οξέων μετά την επίδραση βόρακα



Σχ. 43. Φάσματα υπέρυθρης ακτινολογίας (IR) των πολυβιλικών οξέων μετά την επίδραση βόρακα



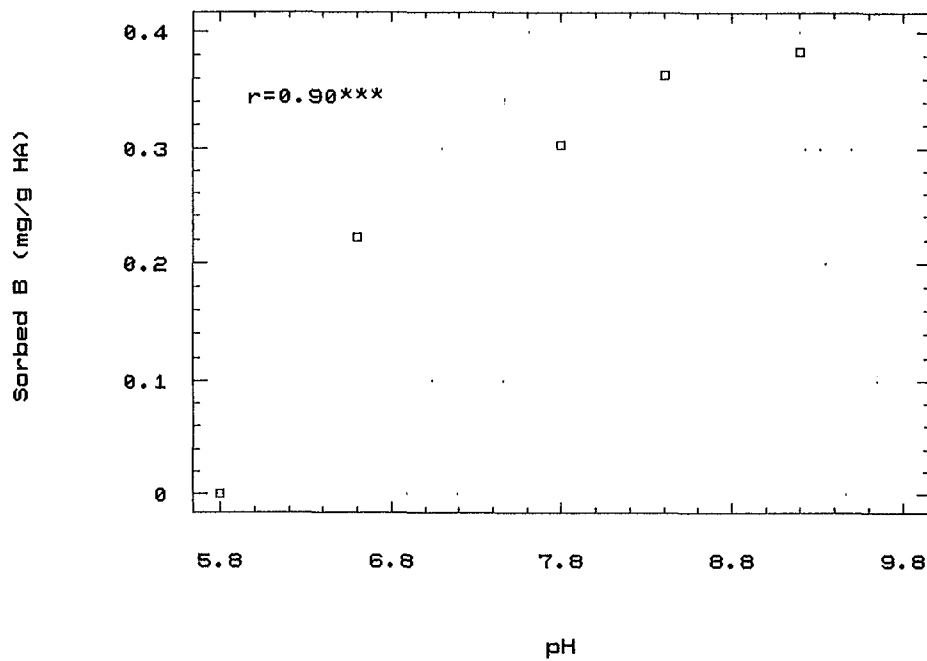
ΣΧ. 44. Φάσμα υπέρυθρης ακτινολογίας (IR) χουμικού οξέος  
μετά την επίδραση θόρακα και θρόμβωση αυτού με  
ελάττωση του pH με διάλυμα HCl



ΣΧ. 45. Φάσμα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) του βόρακα  
(Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O)

Πιν. 40. Προσρόφηση Βορίου από Χουμικά Οξέα σε Σχέση με το pH

Δείγμα	pH	Συγκέντρωση Β διαλύματος εξωτερικής πλευράς		Προσροφούμενο Β (mgB/g HA)
		Αρχική	Τελική	
ΜΕΓΔ	5.8	5.00	5.00	0.000
	6.6	5.00	4.44	0.222
	7.8	5.00	4.24	0.303
	8.4	5.00	4.09	0.363
	9.2	5.00	4.04	0.383



Σχ. 46. Επίδραση του pH στην προσρόφηση του Βορίου σε χουμικά οξέα

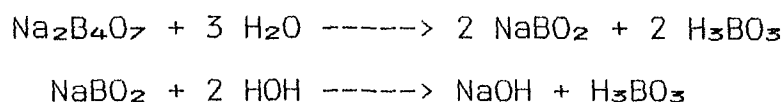
προσρόφηση παρατηρήθηκε σε pH περί το 9.0 και το όλο φαινόμενο περιγράφονταν ικανοποιητικά από την εξίσωση των Keren and Mezuman (1981). Οι εν λόγω ερευνητές ερμήνευσαν την επίδραση του pH ως ακολούθως :

Σε pH < 7.0 κυριαρχεί η μορφή  $B(OH)_3$ , που δεν είναι ηλεκτρικά φορτισμένη. Με τη μορφή αυτή του B η οργανική ουσία έχει μικρή χημική συγγένεια και γι'αυτό η προσρόφηση είναι πολύ μικρή. Σε pH > 7.0 κυριαρχεί η μορφή  $B(OH)_4^-$ , προς την οποία η οργανική ουσία έχει ισχυρή χημική συγγένεια και γι'αυτό η προσρόφηση του B αυξάνει σημαντικά με την αύξηση του pH. Μελετώντας δε την υστέρηση που παρατηρήθηκε κατά την εκρόφηση του B, υποστήριξαν το σχηματισμό συμπλόκων B με υδατάνθρακες και χουμικές ουσίες.

Τα παρατηρηθέντα εδώ κατά τις μεταχειρίσεις (α) και (β) είναι σε απόλυτη συμφωνία με τα παραπάνω. Το B φαίνεται ότι έχει χημική συγγένεια με τα HA, που εξαρτάται άμεσα από το pH, πιθανόν για τους ίδιους λόγους, που υποστηρίχθηκαν από τους Yermiyaho et al (1988).

Συγκρίνοντας τα φάσματα των HA και FA στην αρχική τους κατάσταση και μετά την επίδραση του διαλύματος βόρακα (σχ. 40-44), διαπιστώνεται ότι σε όλα ανεξαιρέτως η επίδραση του βόρακα είχε σαν αποτέλεσμα την εξαφάνιση των peaks στα  $1710-1730\text{ cm}^{-1}$  και στα  $1540-1550\text{ cm}^{-1}$  και την εμφάνιση νέων ή την ενίσχυση προϋπαρχόντων πολύ ασθενών στις περιοχές περί τα  $1400$  και  $1030\text{ cm}^{-1}$ . Ο Stevenson (1982), αναφέρει ότι, η μεταβολή που παρατηρείται στην απορρόφηση στην περιοχή περί τα  $1720\text{ cm}^{-1}$  οφείλεται στον σχηματισμό άλατος. Είναι γνωστό

(Treatwell, 1952), ότι ο βόρακας σε υδατικό διάλυμα δίνει βορικό οξύ και NaOH κατά την αντίδραση :



Το NaOH που δημιουργείται από τις αντιδράσεις αυτές φαίνεται ότι αντιδρά με τις -COOH στις οποίες οφείλεται η απορρόφηση στα  $1720 \text{ cm}^{-1}$  δίνοντας τη μορφή άλατος, οπότε χάνεται η απορρόφηση στην περιοχή αυτή. Το ενδεχόμενο αυτό ενισχύεται από το γεγονός ότι το φάσμα της ουσίας που προκύπτει ύστερα από προσθήκη HCl στο διάλυμα του HA, επανεμφανίζει τη ζώνη απορροφήσεως στα  $1730 \text{ cm}^{-1}$  (σχ. 44). Η ενίσχυση των peaks στις περιοχές  $1430 \text{ cm}^{-1}$  και  $1030 \text{ cm}^{-1}$  πρέπει να οφείλεται στο βόρακα, ο οποίος παρουσιάζει ζώνη απορρόφησης περί τα  $1410 \text{ cm}^{-1}$  και  $1070 \text{ cm}^{-1}$  (σχ. 45) (Beyrouty et al, 1984).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η παρουσία ζωνών απορρόφησης περί τα  $1540 \text{ cm}^{-1}$  και  $1050 \text{ cm}^{-1}$  δηλώνει την παρουσία πρωτεϊνών και σακχάρων. Η εξαφάνιση των peaks στην περιοχή περί τα  $1540 \text{ cm}^{-1}$  μετά την επίδραση με βόρακα, πιθανόν να οφείλεται στην αντίδραση του Β με τα σάκχαρα, όπως υποστήριξαν οι Parks and White (1952).

Από όλα τα παραπάνω φαίνεται ότι τα HA και τα FA παρουσιάζουν χημική συγγένεια με το Β, η οποία επηρεάζεται ισχυρά από το pH. Η υπέρυθη φασματοσκοπία δεν προσφέρει ισχυρές ενδείξεις για το μηχανισμό αντίδρασης του με τα HA και FA.

#### 4.7. Η Προσρόφηση του Βορίου σε Συνθετικούς Γκαιτίτες και Αιματίτες.

Επειδή το έδαφος είναι ένα σύνθετο, ετερογενές σύστημα, πολλοί ερευνητές κατά καιρούς μελέτησαν τη σχέση του Β με διάφορους παράγοντες σε καθαρά συστήματα. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να μελετηθεί η σχέση του Β με ένα ορισμένο παράγοντα μεμονωμένα χωρίς την επίδραση κανενός άλλου.

Ο σίδηρος απαντά στο έδαφος υπό διάφορες μορφές, μεταξύ των οποίων οι πιο συνήθεις είναι ο *γκαιτίτης* και ο *αιματίτης*. Ο γκαιτίτης απαντά σε όλους σχεδόν τους τύπους των εδαφών και σε όλα τα κλιματικά περιβάλλοντα, προσδίδοντας στα εδάφη κιτρινωπό-καφέ χρώμα, ενώ ο αιματίτης ανευρίσκεται κυρίως σε πολλά ερυθρωπά εδάφη. Μιά άλλη μορφή οξειδίων του Fe στα εδάφη είναι ο *ferrihydrate*, που παλαιότερα αποκαλούνταν "*άμορφα ferric υδροξείδια του Fe*". Απαντά σε μικρές ποσότητες, αλλά παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην προσρόφηση ανοργάνων ιόντων λόγω του πολύ μικρού μεγέθους των τεμαχιδίων του (50-100 Å), και της μεγάλης ειδικής επιφάνειας (200-350 m<sup>2</sup>/g). Όπως ο *ferrihydrate* και ο γκαιτίτης και ο αιματίτης, εκτός από το χρώμα, επηρεάζουν και άλλες ιδιότητες των εδαφών, όπως την προσρόφηση ανιόντων και κατιόντων (Schwertman and Taylor, 1977). Και σ'αυτή την εργασία δείχτηκε στα προηγούμενα ότι τα οξείδια του Fe των εδαφών επηρεάζουν σημαντικά τη συμπεριφορά του Β στα εδάφη.

Προκειμένου να μελετηθεί διεξοδικότερα η σχέση του Β με τα οξείδια του Fe, χρησιμοποιήθηκαν συνθετικοί γκαιτίτες και αιματίτες του Kosmas (1984). Οι ιδιότητες αυτών φαίνονται



στους πίν. 41 και 42. Σε δείγματα αυτών έγιναν οι ακόλουθες μεταχειρίσεις :

α) Προσρόφηση Β σε σταθερή συγκέντρωση. Σε δείγματα οξειδίων του Fe βάρους 0.1 g προστέθηκαν 10 ml διαλύματος 0.01 M  $\text{CaCl}_2$  με συγκέντρωση Β 2  $\mu\text{g/ml}$  εντός πλαστικής φιάλης και ανακινήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου επί 24 h. Στο υπερκείμενο, ύστερα από φυγοκέντρηση και διήθηση, προσδιορίσθηκε η συγκέντρωση του Β. Η διαφορά από την αρχική συγκέντρωση θεωρείται ότι προσροφήθηκε. Οι προσροφηθείσες ποσότητες Β φαίνονται στους πίν. 41 και 42.

β) Προσρόφηση Β σε διάφορα pH. Σε δείγματα από 6 γκαιτίτες και 4 αιματίτες, έγινε προσρόφηση υπό σταθερή συγκέντρωση Β (2  $\mu\text{g/ml}$ ) σε διάφορα pH, τα οποία επιτυγχάνονταν με διάλυμα NaOH.

γ) Ισόθερμες προσρόφησης Βορίου. Σε δείγματα από 8 γκαιτίτες και 7 αιματίτες έγιναν ισόθερμες προσρόφησης Β ως εξής: Σε ποσότητες οξειδίων του Fe βάρους 0.1 g προστέθηκαν 10 ml διαλύματος 0.01 M  $\text{CaCl}_2$  με συγκεντρώσεις Β από 0.5 μέχρι 5.0  $\mu\text{g/ml}$ , ανακινήθηκαν επί 24 h σε θερμοκρασία δωματίου και ύστερα από φυγοκέντρηση και διήθηση, προσδιορίσθηκε στο υπερκείμενο η συγκέντρωση του Β, ενώ η διαφορά από την αρχική θεωρείται ότι προσροφήθηκε. Τα αποτελέσματα φαίνονται στους πίν. 43 και 44.

#### 4.7.1. Σχέση της Προσρόφησης του Βορίου με τις Ιδιότητες των Γκαιτιτών.

Από τα δεδομένα του πίν. 42 προέκυψαν οι σχέσεις του πίν. 45 και τα σχ. 47-50. Από αυτές φαίνεται ότι η προσρόφηση

Πίν. 41. Προσροφόμενο Βόριο και ιδιότητες συνθετικών αματιτών

ΧΑ	Προσροφόμενο Β (μg/g)	Ισόμορφη αντικατάσταση Al (mole %)	Λόγος ατόμων και ολικών οξειδίων του Fe (Feo/Fe <sub>t</sub> )	Διαστάσεις στοιχειώδους κυψελίδας			Μέση κρυσταλλική διάσταση	Μέγεθος κρυστάλλων	Ιδιότητες υπέρυθρων φασμάτων			Δεύτερη παράγωγος θέσης peak
				a	c	(A)			Peak1 cm <sup>-1</sup>	Peak2 cm <sup>-1</sup>	Peak3 cm <sup>-1</sup>	
HA14	11.25	1.5	0.001	5.035	13.734	720	620	534.7	475.1	338.9	601.3	
HA15	13.50	3.8	0.010	5.032	13.733	590	740	540.0	468.9	332.6	595.6	
HA16	18.75	8.4	0.014	5.024	13.735	340	900	533.9	460.4	321.9	597.1	
HA17	29.25	12.5	0.225	5.018	13.740	100	1810	530.2	458.5	313.7	592.6	
HA18	15.00	0.0	0.017	5.037	13.784	790	570	574.3	477.8	351.9	600.1	
HA26	0.00	6.3	0.005	5.028	13.737	2120	1960	543.3	474.7	341.9	597.4	
HA27	0.00	6.3	0.002	5.028	13.738	2300	2100	543.4	474.8	342.4	596.4	
HA28	7.50	7.5	0.007	5.026	13.728	2240	2050	543.2	474.9	341.7	598.0	
PSH	15.00	0.0	0.017	5.037	13.786	790	560	565.2	473.2	341.5	602.3	
PHFHH	9.75	0.0	0.001	5.037	13.737	1230	1800	570.6	469.3	339.4	603.0	
PHFG	27.75	0.0	0.044	5.041	13.764	150	780	533.5	450.6	306.3	599.4	

Πίνακ. 42. Προσφαρούμενο Βόριο και ιδιότητες Γκαλιτιτών

ΚΑ Δείγμ. (μg/g)	Προσρ. Βόριο Al(%mole)	Ισόμορφη αντικατ. Al(%mole)	Λόγος αμφορου και ολικ. Fe(Feo/Fe <sub>t</sub> )	Διαστάσεις στοιχειώδους κρυσταλλίδας			Μέση κρυστ. διάσταση κρυστάλλου (FODA)	Μέσο μέγ. θέση peaks υπέρ. απαρρ. (IR)	Ορατό, 2η παράγωγος θέση Amplitude (nm) (x10 <sup>-4</sup> )						
				a	b	c									
GA2	57.00	1.6	0.040	4.625	9.993	3.023	150	150	nd	3400	3187	891.9	798.8	498.4	2.324
GA18	10.50	2.9	0.004	4.618	9.946	3.030	1110	300	1780	1490	3136	892.2	793.5	493.0	1.080
GA19	9.75	5.4	0.004	4.610	9.923	3.015	1160	430	1820	1380	3142	896.3	795.3	488.3	1.400
GA20	15.00	11.8	0.029	4.607	9.914	3.008	1020	550	1710	1310	3146	900.9	797.1	482.4	1.960
GA31	10.50	8.0	0.005	4.615	9.915	3.012	680	240	1150	760	3175	900.6	799.2	485.2	1.520
PG3D	19.50	0.0	0.012	4.630	9.953	3.023	630	210	1320	840	3172	887.4	794.4	493.6	1.141
PG22D	18.75	0.0	0.025	4.629	9.952	3.023	810	230	1310	810	3176	888.7	794.9	494.3	0.980
PG45D	21.38	0.0	0.006	4.628	9.946	3.022	960	240	1400	990	3160	890.5	794.4	495.3	0.933
PG70D	16.50	0.0	0.007	4.626	9.951	3.025	1020	220	1400	970	3145	887.2	793.4	495.4	0.928
PG1PH	27.75	0.0	0.056	4.630	9.936	3.026	130	140	nd	3300	3200	887.7	798.7	495.5	1.283

Πίν. 45. Σχέση Προσρόφησης Βορίου και Ιδιοτήτων των Γκαϊτιτών		
Ιδιότητες	Εξίσωση παλινδρόμησης	Συντ.συσχ. (r)
Feo/Fet	$Y = 4.63 X^{0.39}$	0.75*
b	$Y = -4797.34 + 484.57 X$	0.81**
MCD <sub>020</sub>	$Y = 42.78 - 0.03 X$	-0.77**
MCD <sub>110</sub>	$Y = 52 \times 10^6 X^{-0.88}$	-0.70*
MCD <sub>021</sub>	$Y = e^{(4.65 - 1.27X)}$	0.72*
FODA	$Y = 4.25 + 0.01 X$	0.77**
v-OH	$Y = -444.06 X^{55.46}$	0.69*
(δOH-vOH)	$1/Y = -0.36 + 0.0044 X$	0.74*
Ισ.αντ.Α1	-	-0.34 ns
a	-	0.27 ns
c	-	-0.25 ns
δ-OH	-	-0.29 ns
γ-OH	-	0.45 ns
<u>Δεύτερος παράγωγος (IR)</u>		
θέσης	-	0.45 ns
Εύρους (amplitude)	-	0.58 ns
<u>Εξίσωση πολλαπλής παλινδρόμησης</u>		
$Y = -4105.76 + 361.4*b + 0.02(FODA) + 0.16(v-OH) + 9.92(Amplitude)$		$R^2 = 0.96***$
Σημ.: Y= Προσροφούμενο Β (μg/g)		
X= Ιδιότητα γκαϊτίτη		
*, **, *** : Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.		

του Β συσχετίζεται σημαντικά με το λόγο των αμόρφων προς τις ολικές μορφές Fe (Feo/Fet), τη διάσταση b της στοιχειώδους κυψελίδας, τις μέσες κρυσταλλικές διαστάσεις MCD<sub>020</sub>, MCD<sub>021</sub>, το μέγεθος των κρυστάλλων μετρούμενο με την τεχνική Fiber - optic Doppler Anemometry (FODA) και τη διαφορά των συχνοτήτων των ζωνών απορρόφησης των OH-τάσεως και OH-στρέψεως (δOH - vOH).

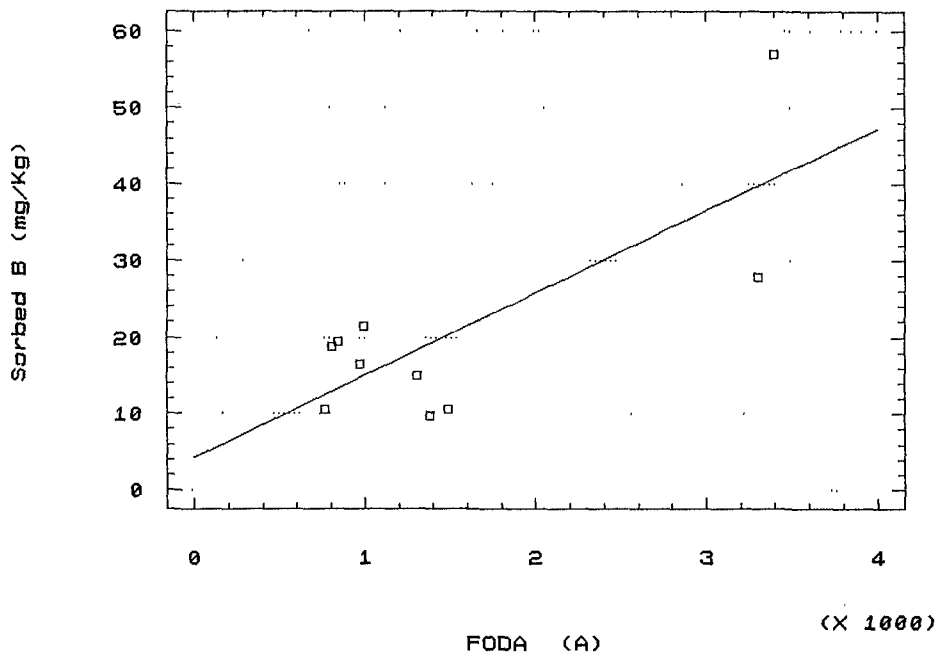
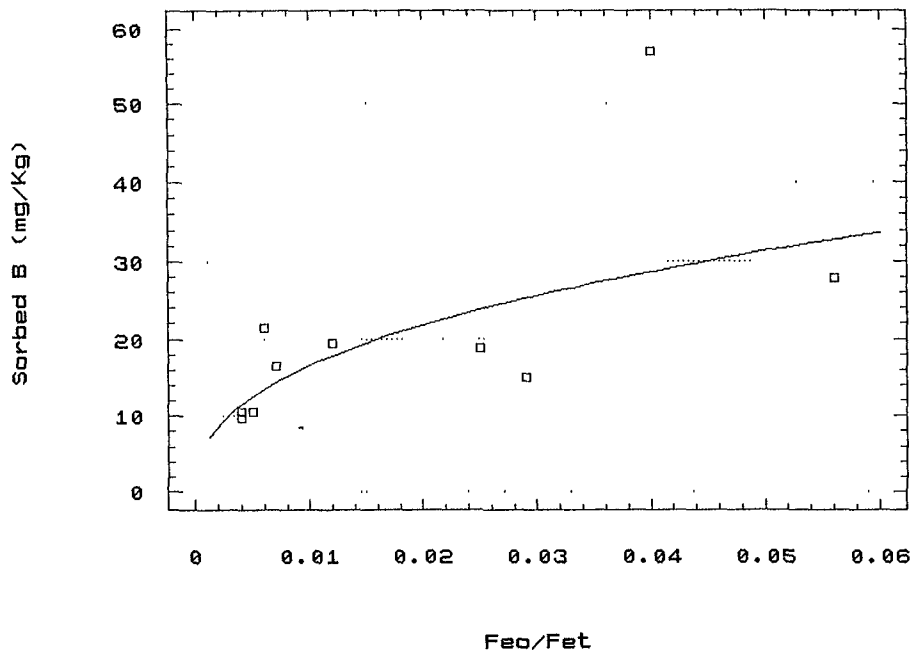
Ο λόγος Feo/Fet δείχνει το ποσοστό του ferrihydrite στη σύνθεση τόσο των γκαϊτιτών όσο και των αιματιτών (Kosmas, 1984). Η θετική συσχέτιση του λόγου αυτού με το ποσό του προσροφούμενου Β, πρέπει να οφείλεται στην επίδραση του στο μέγεθος της ειδικής επιφάνειας. Στον ίδιο λόγο πρέπει να

αποδοθεί και η αρνητική συσχέτιση του προσροφούμενου Β με τις παραμέτρους της μέσης κρυσταλλικής διάστασης  $MCD_{020}$ ,  $MCD_{110}$ , και  $MCD_{021}$ , προς τις οποίες ο λόγος  $Feo/Fet$  συσχετίζεται αρνητικά (πίν. 47).

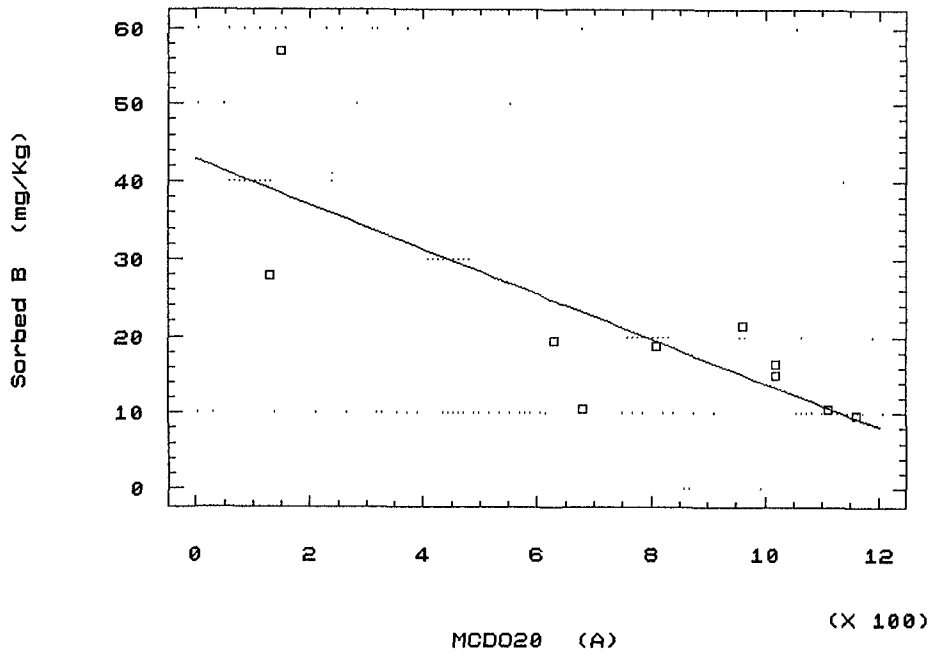
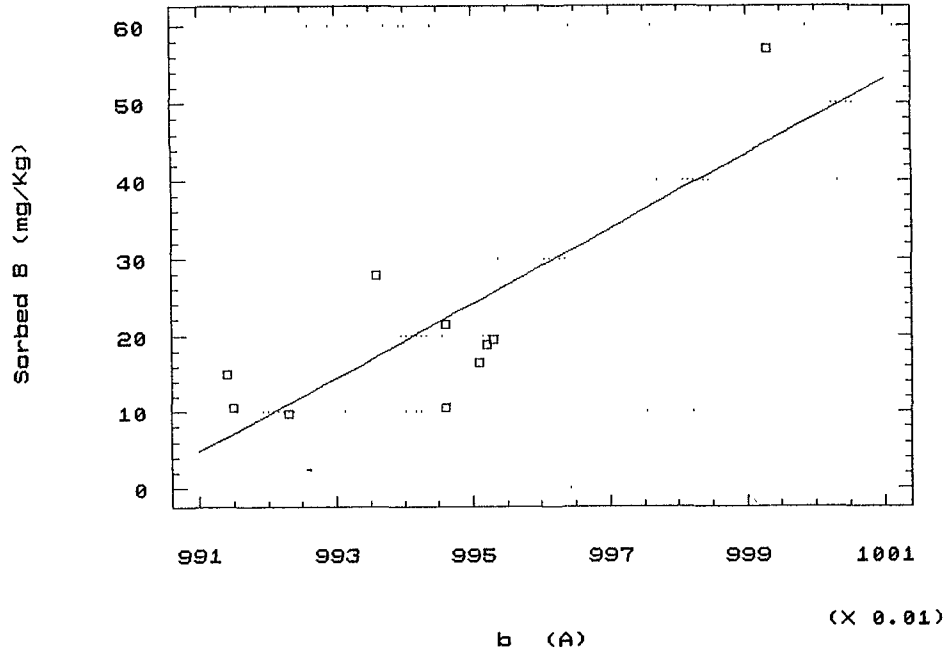
Η μέτρηση του μεγέθους των τεμαχιδίων (particle size) με τη μέθοδο του Fibber Optic Doppler Anemometer (FODA), βασίζεται στην κίνηση Brown αυτών στο αιώρημα. Από τα δεδομένα του πίν. 41, καθώς και το σύνολο των δεδομένων των Kosmas et al (1986), φαίνεται ότι το μέγεθος του FODA συσχετίζεται θετικά με το ποσοστό του ferrihydrite (λόγος  $Feo/Fet$ ). Σ' αυτό πρέπει να αποδοθεί και η θετική συσχέτισή του με το ποσοστό του προσροφούμενου Β.

Οι Schulze (1982) και Kosmas et al (1986), βρήκαν ότι οι διαστάσεις της στοιχειώδους κυψελίδας a,b,c, επηρεάζονται ισχυρά από το ποσοστό της ισόμορφης αντικατάστασης του Fe από το Al. Όσο αυτή είναι μεγαλύτερη, τόσο οι διαστάσεις ελαττώνονται. Από τον πίν. 45 φαίνεται ότι η προσρόφηση του Β συσχετίζεται θετικά με την διάσταση b και αρνητικά με το ποσό του Al που αντικαθιστά Fe. Η απ' ευθείας συσχέτιση μεταξύ προσροφούμενου Β και ποσοστού αντικατάστασης του Fe από το Al είναι αρνητική ( $r=-0.34$ ), αλλά στατιστικά μη σημαντική. Τούτο πιθανόν να οφείλεται στο μικρό εύρος τιμών αυτού στα μελετώμενα δείγματα. Όλες αυτές οι σχέσεις, πιθανόν να οφείλονται στην αλλαγή που προκαλείται στη δομή των κρυστάλλων από την αντικατάσταση του Fe από το Al.

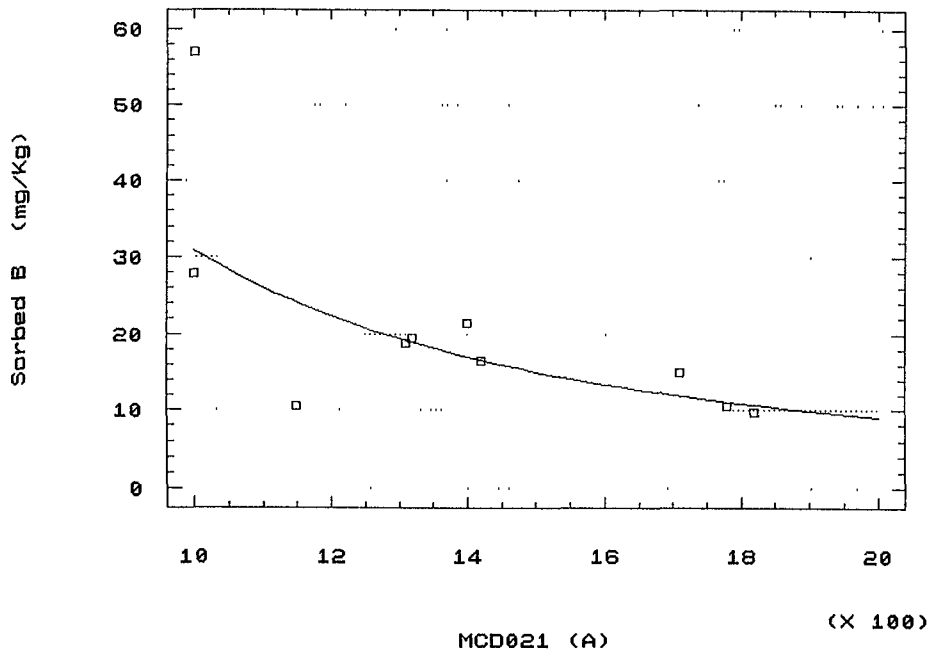
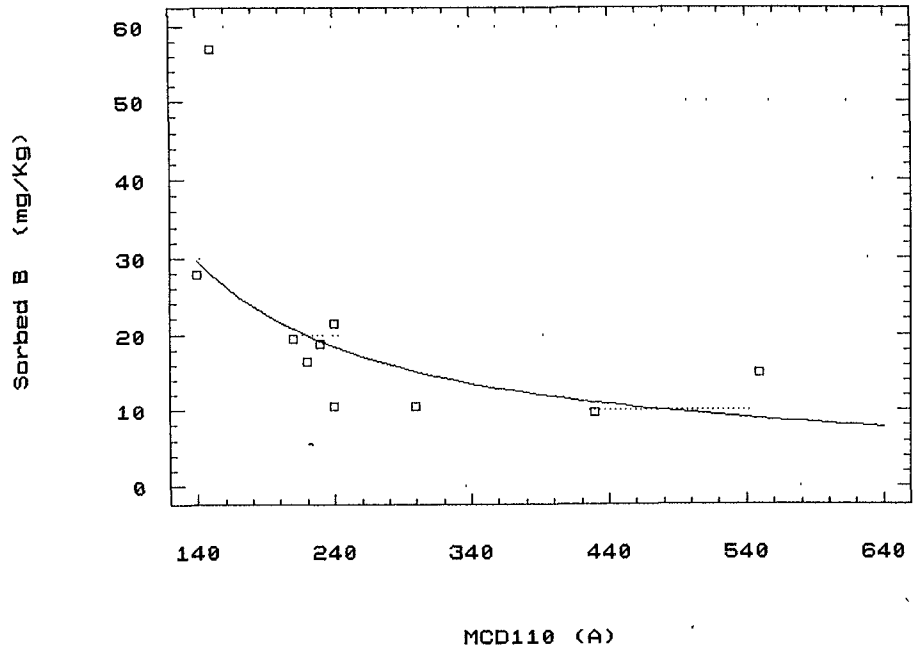
Ο Schulze (1982) και οι Kosmas et al (1986), παρατήρησαν ότι η αντικατάσταση του Fe από το Al αυξάνει γραμμικά με τη



Σχ. 47. Σχέση Προσροφούμενου Βορίου και Ιδιοτήτων Γκαλιτών

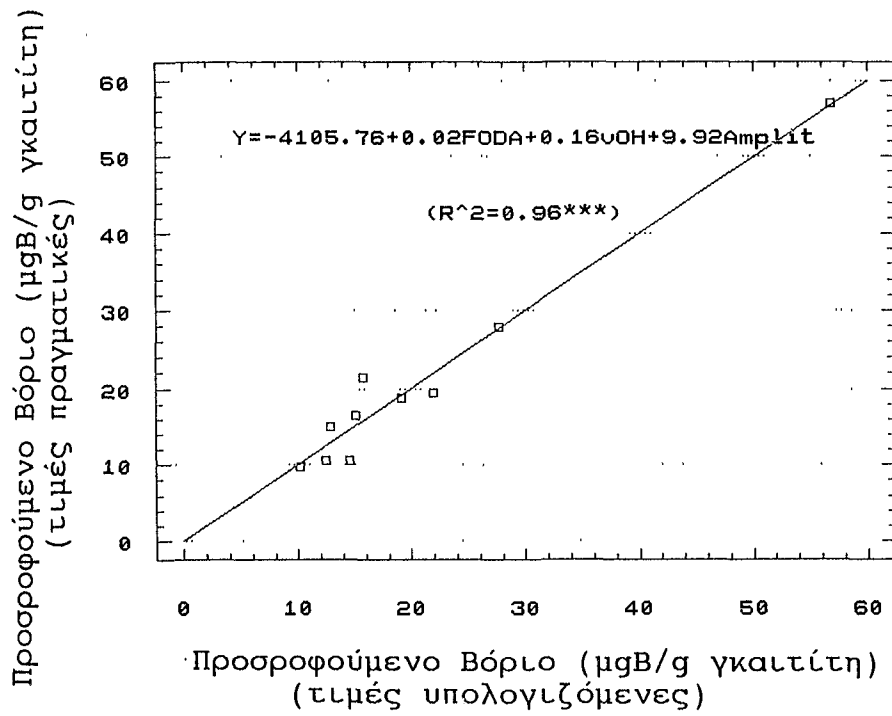
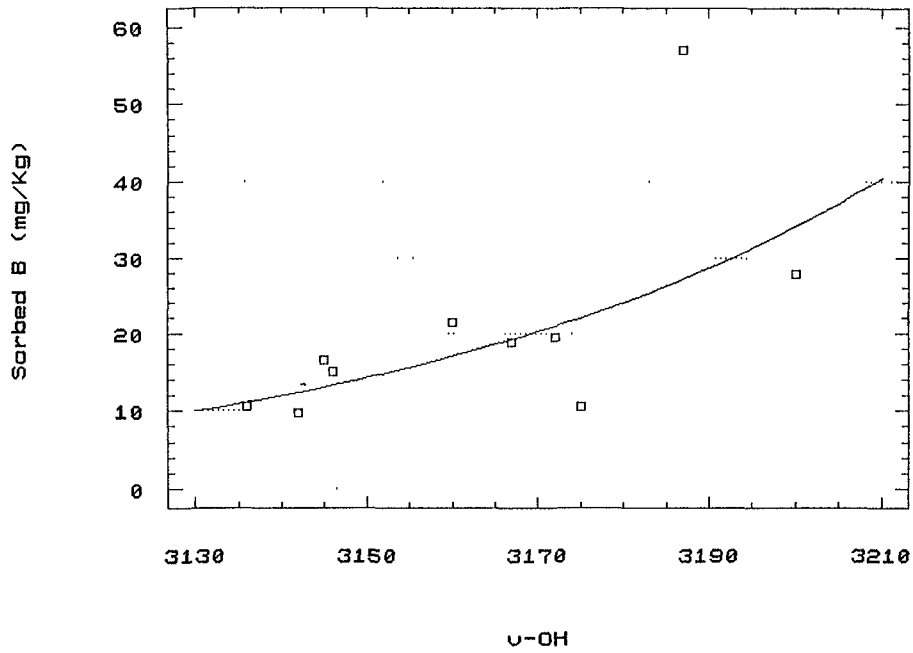


Σχ. 48. Σχέση Προσροφούμενου Βορίου και Ιδιιοτήτων Γκαλιτετών



Σχ. 49. Σχέση Προσοφούμενου Βορίου και Ιδιοτήτων Γκαλιτών





Σχ. 50. Σχέση Προσροφούμενου Βορίου και Ιδιοτήτων Γκαλιτιτών

διαφορά της συχνότητας των OH κάμψεως (OH-bending), ( $\delta\text{OH}-\gamma\text{OH}$ ), η οποία βρίσκεται σε αρνητική σχέση με το ποσό του προσροφούμενου B (πίν. 45, σχ. 47-50). Αυτό ενισχύει την προηγούμενη παρατήρηση ότι η αντικατάσταση του Fe από το Al μειώνει το ποσοστό του προσροφούμενου B.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ένας απ'τους σημαντικότερους μηχανισμούς προσρόφησης του B στα οξειδία του Fe είναι η ligand exchange, κατά την οποία τα ανιόντα  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  αντικαθιστούν επιφανειακά OH (ή  $\text{H}_2\text{O}$ ). Από τον πίν. 45 τόσο στην εξίσωση απλής, όσο και στην αντίστοιχη εξίσωση πολλαπλής παλινδρόμησης, φαίνεται ότι η αντικατάσταση αυτή γίνεται μεταξύ  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  και OH τάσεως ( $\nu\text{-OH}$ ), που απορροφούν στην περιοχή περί τα  $3150\text{ cm}^{-1}$ .

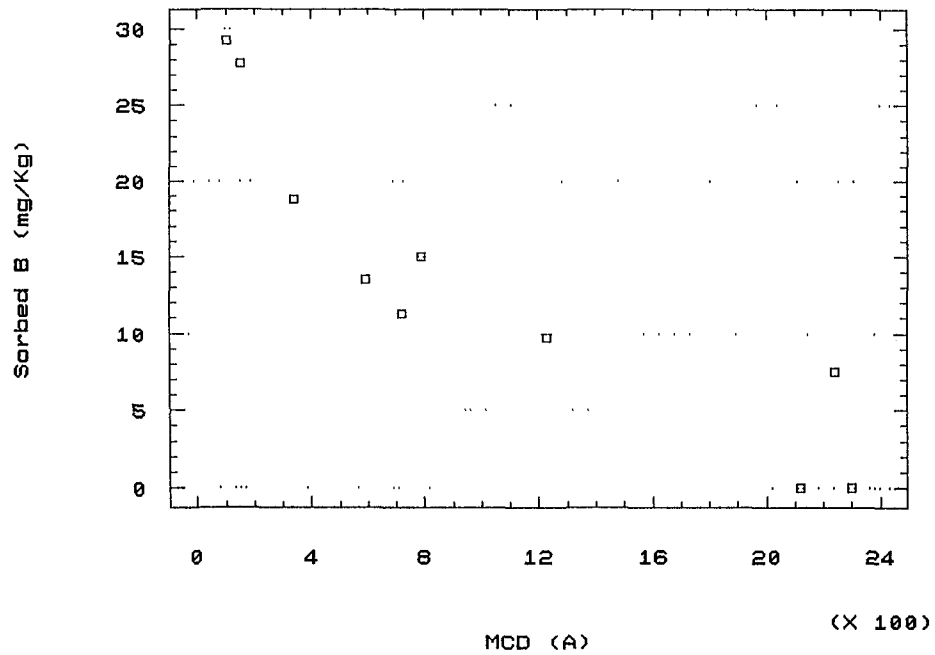
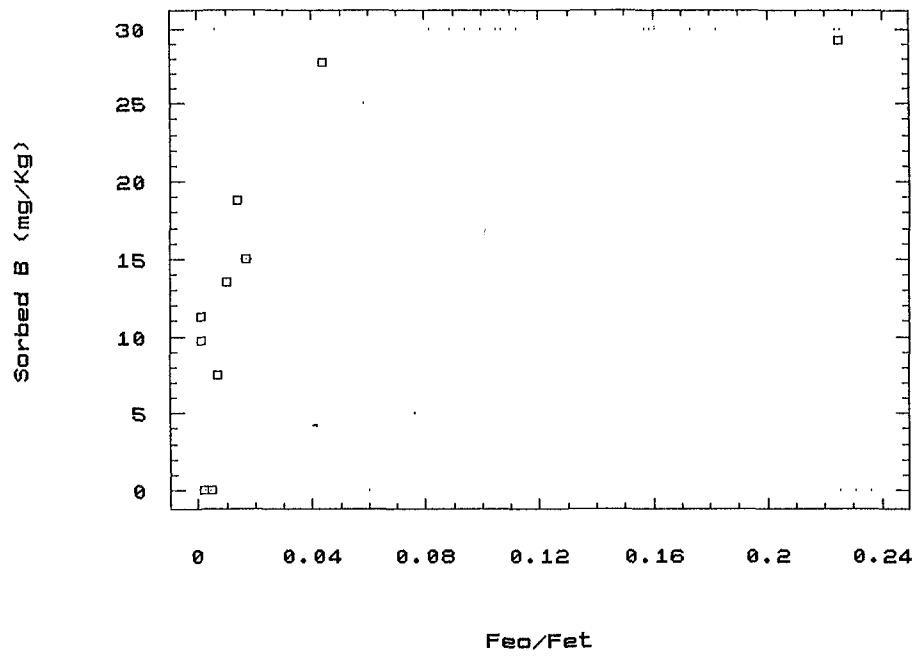
#### 4.7.2. Σχέση της Προσρόφησης του B με τις Ιδιότητες των Αιματιτών.

Από τα δεδομένα του πίν. 42 προέκυψαν οι σχέσεις του πίν. 46 και τα σχ. 51-52, από τα οποία φαίνεται ότι το ποσό του προσροφούμενου B συσχετίζεται σημαντικά με το λόγο  $\text{Fe}_0/\text{Fe}_t$ , τη μέση κρυσταλλική διάσταση  $\text{MCD}_{104}$  και τη θέση των υπέρυθρων ζωνών απορρόφησης περί τα  $470\text{ cm}^{-1}$  ( $\text{peak}_2$ ) και περί τα  $330\text{ cm}^{-1}$  ( $\text{peak}_3$ ).

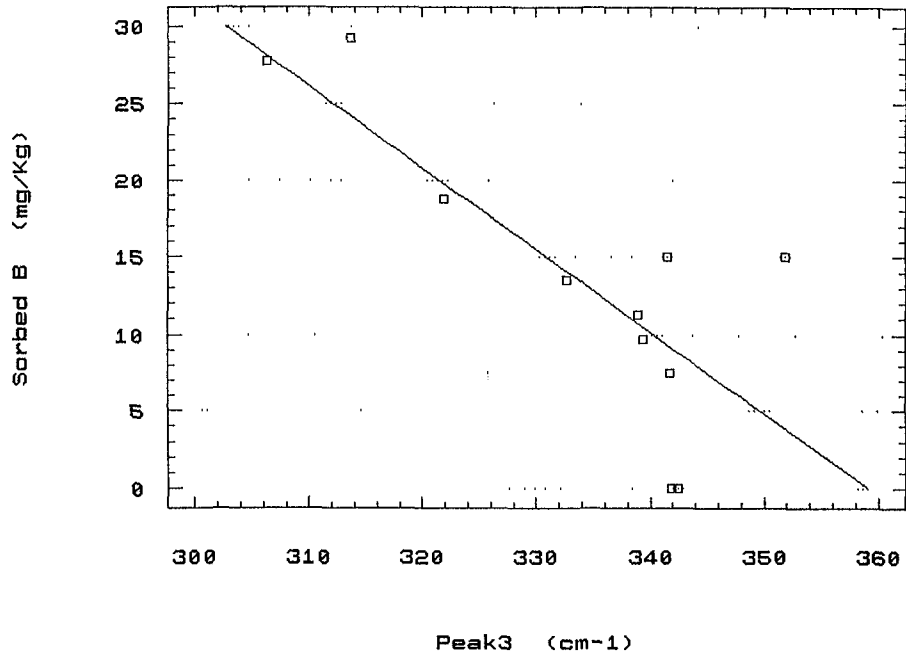
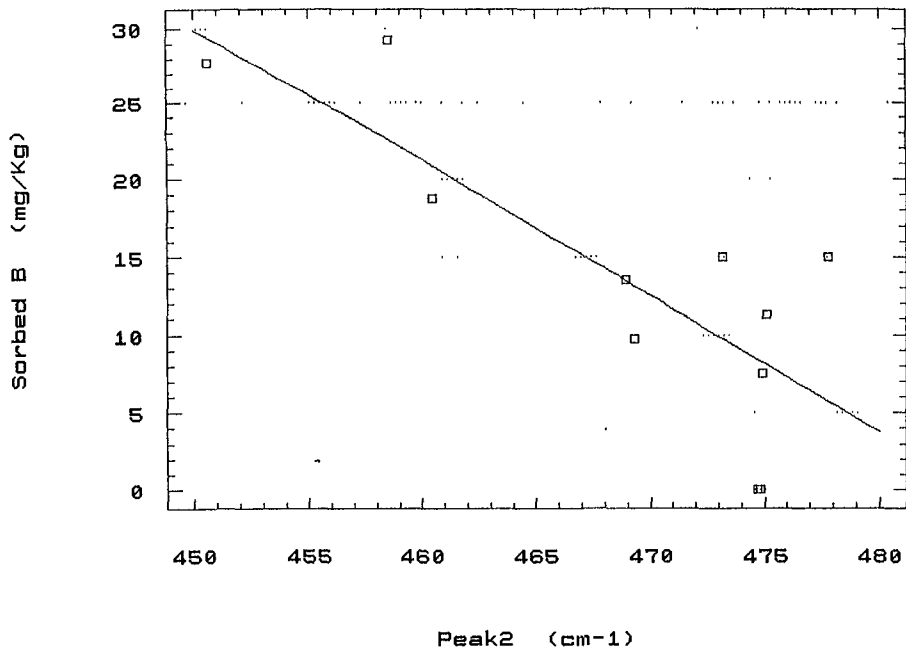
Η ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ προσροφούμενου B και λόγου  $\text{Fe}_0/\text{Fe}_t$  και η ισχυρότερη αρνητική συσχέτιση μεταξύ αυτού και της μέσης κρυσταλλικής διάστασης  $\text{MCD}_{104}$ , μπορεί να αποδοθεί, όπως και στην περίπτωση με τους γκαϊτίτες, στη σχέση των παραγόντων αυτών με την ειδική επιφάνεια. Μεγάλες τιμές της διάστασης  $\text{MCD}_{104}$  συνεπάγονται μεγαλύτερη ειδική

Πίν. 46. Σχέση Προσρόφησης Βορίου και Ιδιοτήτων Αιματιτών		
Ιδιότητες	Εξίσωση παλινδρόμησης	Συντελ. συσχ. (r)
Feo/Fet	$Y = 4.96 + 642.31X - 23.75X^2$	0.89**
MCD <sub>104</sub>	$Y = 29.96 - 0.026X + 6.35 \times 10^{-6}X^2$	0.95***
Peak <sub>2</sub>	$Y = 422.03 - 0.87X$	0.80**
Peak <sub>3</sub>	$Y = 191.09 - 0.53X$	0.78**
Ισόμ.Αντ.Α1	-	0.08 ns
a	-	0.00 ns
c	-	0.26 ns
FODA	-	-0.45 ns
Peak <sub>1</sub>	-	-0.30 ns
<u>Εξίσωση πολλαπλής παλινδρόμησης</u>		
	$Y = -795.59 + 40.09(\text{Feo/Fet}) + 72.05 \cdot c - 0.006(\text{MCD}_{104}) - 0.38(\text{Peak}_2)$	0.97***
<p>Σημ.: Y= Προσροφούμενο Βόριο (μg/g)  X= Ιδιότητες γκαϊτιτών  *,**,*** : Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο πιθανότητας 0.05,0.01 και 0.001 αντίστοιχα.</p>		

επιφάνεια και κατά συνέπεια περισσότερες θέσεις προσρόφησης για το Β. Οι Kosmas et al (1986), έδειξαν ότι η αντικατάσταση του Fe από το Al στους αιματίτες ελαττώνει το μέγεθος των διαστάσεων a,b,c της στοιχειώδους κυψελίδας και επηρεάζει θετικά το λόγο Feo/Fet, ενώ ωθεί σε χαμηλότερες τιμές τις ζώνες απορρόφησης που βρίσκονται περί τα 470 και 330 cm<sup>-1</sup> (peak<sub>2</sub> και peak<sub>3</sub> αντίστοιχα). Συνδυάζοντας τα δεδομένα αυτά (πίν. 48), με τις σχέσεις του πίν. 46 μπορούμε να πούμε ότι, σε αντίθεση με τους γκαϊτίτες, στους αιματίτες η προσρόφηση Β επηρεάζεται θετικά από την ισόμορφη αντικατάσταση του Fe από το Al. Σε εξίσωση πολλαπλής παλινδρόμησης (πίν. 46), φαίνεται ότι ένα πολύ μεγάλο ποσοστό της παραλλακτικότητας του ποσού του προσροφούμενου Β (94 %), ερμηνεύεται από τις παραμέτρους Feo/Fet, τη διάσταση της στοιχειώδους κυψελίδας c, τη μέση κρυσταλλική διάσταση MCD<sub>104</sub> και τη θέση της ζώνης απορρόφησης περί τα 470 cm<sup>-1</sup>.



Σχ. 51. Σχέση Προσροφούμενου Βορίου και Ιδιιοτήτων Αιματιτών



Σχ. 52. Σχέση Προσροφούμενου Βορίου και Ιδιοτήτων Αιματιτών

Πίνακ. 47. Συντελεστές Συσχέτισης Ιδιοτήτων Συνθετικών Γκαλιπιδίων (n=10)

		Ιδιότητες													
Ιδιότητες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1. Al sub.	1.00														
2. Feo/Fet	-0.12	1.00													
3. a	-0.47	0.28	1.00												
4. b	-0.67*	0.26	0.45	1.00											
5. c	0.42	-0.27	-0.99***	-0.42	1.00										
6. MCD020	0.32	-0.79**	0.05	-0.47	-0.08	1.00									
7. MCD110	0.80**	-0.28	0.03	-0.64*	-0.09	0.68*	1.00								
8. MCD021	0.36	-0.80**	-0.01	-0.51	-0.02	0.97***	0.70*	1.00							
9. FODA	-0.18	0.80**	0.28	0.45	-0.27	-0.76*	-0.35	-0.83**	1.00						
10. v-OH	-0.33	0.72*	-0.16	0.32	0.20	-0.96***	-0.69*	-0.91***	0.59	1.00					
11. δ-OH	0.96***	-0.20	-0.60	-0.62	0.55	0.29	0.70*	0.32	-0.17	-0.27	1.00				
12. γ-OH	0.39	0.62	-0.50	-0.10	0.50	-0.71*	-0.13	-0.68*	0.58	0.70*	0.45	1.00			
13. 2η παρ.	-0.97***	0.18	0.53	0.74*	-0.48	-0.35	-0.79**	-0.43	0.32	0.31	-0.93***	-0.35	1.00		
14. Εύρος	0.54	0.45	-0.15	0.15	0.13	-0.43	0.22	-0.41	0.55	0.28	0.55	0.73*	-0.44	1.00	

Σημ.: \*, \*\*, \*\*\* : Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

Πίν. 48. Συντελεστές Συσχέτισης Ιδιότητων Συνθετικών Αιματιών

		Ιδιότητες								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Al sub.	1.00								
2.	Feo/Fet	0.60*	1.00							
3.	a	-0.99***	-0.54	1.00						
4.	c	-0.74**	-0.09	0.72*	1.00					
5.	MCD	0.10	-0.47	-0.14	-0.35	1.00				
6.	FODA	0.57	0.18	-0.57	-0.61*	0.69*	1.00			
7.	Peak <sub>1</sub>	-0.71*	-0.43	0.60*	0.71*	0.14	-0.26	1.00		
8.	Peak <sub>2</sub>	-0.21	-0.52	0.09	0.10	0.66*	0.12	0.63*	1.00	
9.	Peak <sub>3</sub>	-0.32	-0.59	0.19	0.21	0.64*	0.09	0.73*	0.98***	1.00

Σημ. : \*, \*\*, \*\*\* : Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο πιθανότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

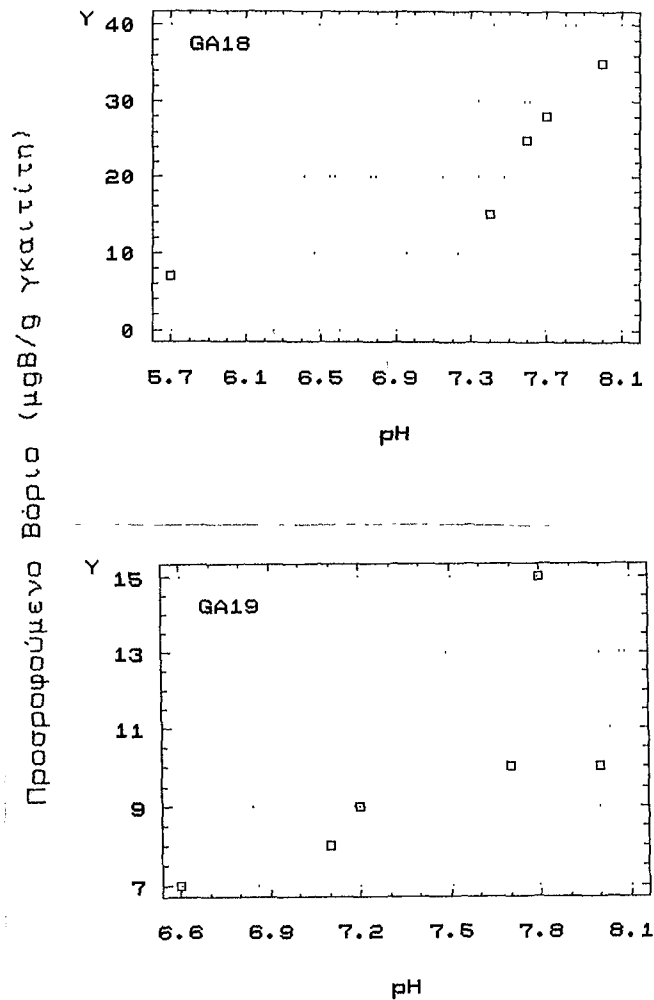
Πίν. 50. Σχέσεις pH και προσροφούμενου Βορίου σε γκαιτίτες και αιματίτες		
Δείγμα	Εξίσωση παλινδρόμησης	Συντελ. συσχ. (r)
<u>Γκαιτίτες</u>		
GA <sub>18</sub>	$1/Y = 0.44 - 0.05 \cdot \text{pH}$	0.99***
GA <sub>19</sub>	$1/Y = 0.42 - 0.04 \cdot \text{pH}$	0.71*
GA <sub>20</sub>	$Y = -297.12 + 59.58 \cdot \text{pH} - 2.76 \cdot \text{pH}^2$	0.99***
PG <sub>22D</sub>	$Y = -404.15 + 97.37 \cdot \text{pH} - 5.06 \cdot \text{pH}^2$	0.99***
PG <sub>45D</sub>	$Y = -538.62 + 123.9 \cdot \text{pH} - 6.36 \cdot \text{pH}^2$	0.99***
PG <sub>70D</sub>	$Y = -223.83 + 56.74 \cdot \text{pH} - 3.20 \cdot \text{pH}^2$	0.97**
<u>Αιματίτες</u>		
HA <sub>17</sub>	$Y = -1077.15 + 246.86 \cdot \text{pH} - 11.94 \cdot \text{pH}^2$	0.99***
PSH	$Y = -446.92 + 123.01 \cdot \text{pH} - 7.02 \cdot \text{pH}^2$	0.94**
PHFMH	$Y = 5647.4 - 1556.22 \cdot \text{pH} + 108.33 \cdot \text{pH}^2$	0.99***
PHFG	$Y = -524.3 + 79.62 \cdot \text{pH}$	0.98*
<p>Σημ.: Y = Προσροφούμενο Β (μg/g)            *, **, *** : Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.</p>		

#### 4.7.3. Η Επίδραση του pH στην Προσρόφηση του Βορίου από τους Γκαιτίτες και Αιματίτες.

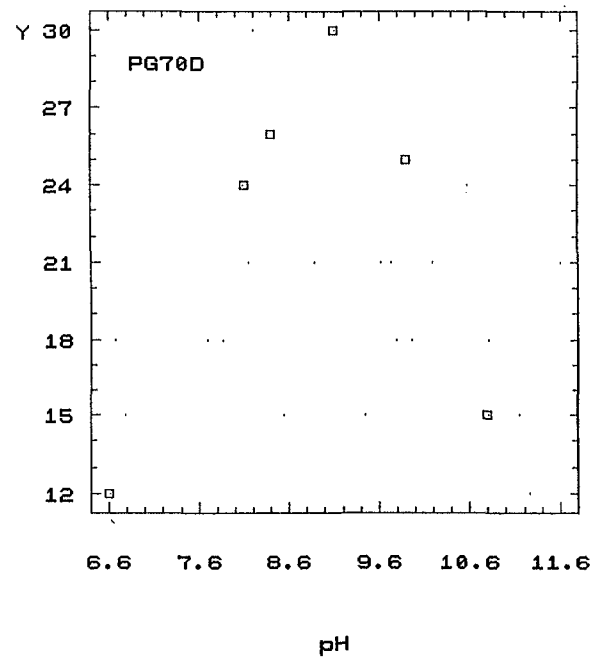
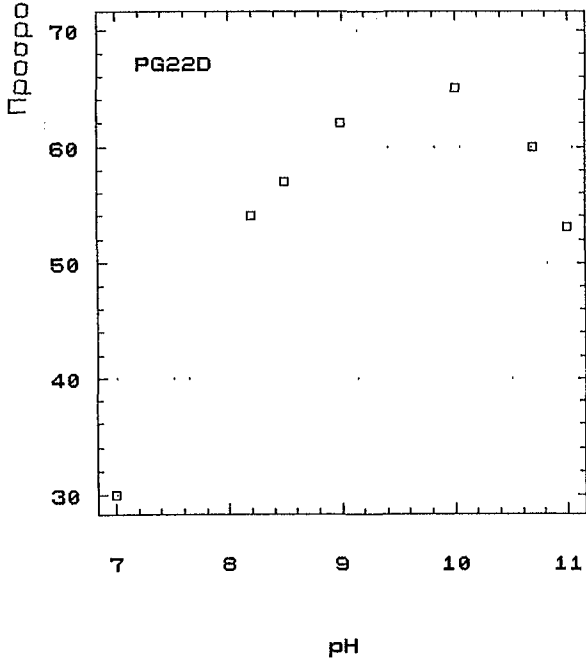
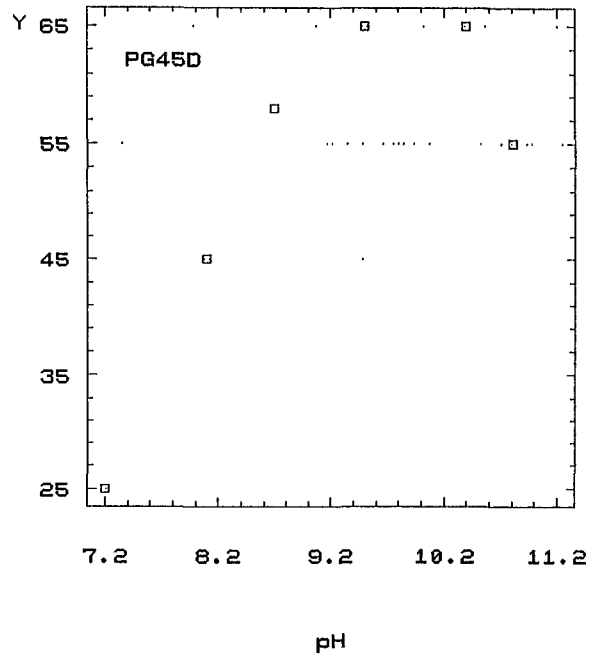
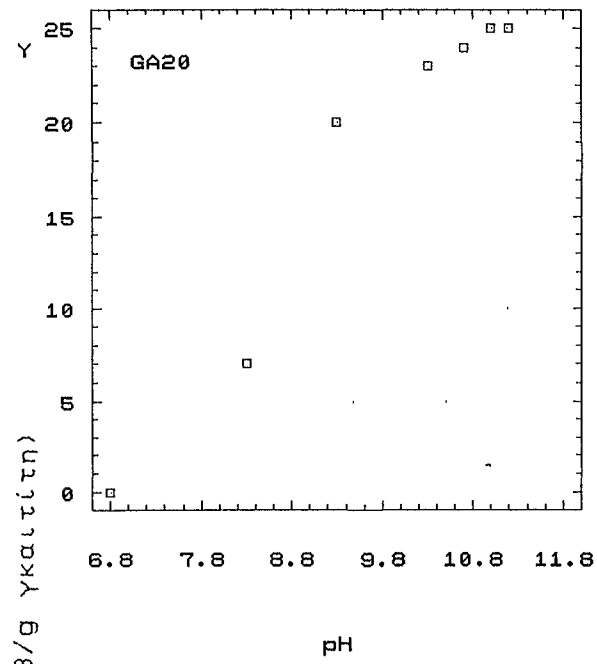
Οι Sims and Bingham (1968), εργαζόμενοι σε καθαρά συστήματα υδροξυ-ενώσεων του Fe βρήκαν ότι η προσρόφηση του Β από αυτές εξαρτάται ισχυρά από το pH, παρουσιάζοντας ένα μέγιστο προσρόφησης στην τιμή περί το 8.5 που είναι εγγύς της pK του βορικού οξέος, πέραν της οποίας η προσρόφηση του Β ελαττώνονταν. Στην παρούσα εργασία προκειμένου να ευρεθεί μια ποσοτική σχέση μεταξύ προσροφούμενου Β και pH, εκτελέσθηκε πείραμα προσρόφησης, όπως και προηγουμένα, σε έξι δείγματα γκαιτιτών και τεσσάρων αιματιτών, ύστερα από ρύθμιση του pH με διάλυμα NaOH. Από τα αποτελέσματα, που δίνονται στον πίν. 49 (παράρτημα), βρέθηκε η σχέση που προσαρμόζεται καλύτερα σ'αυτά (πίν. 50 και σχ. 53-55). Από τις σχέσεις αυτές φαίνεται η ισχυρή επίδραση του pH στην προσρόφηση του Β και



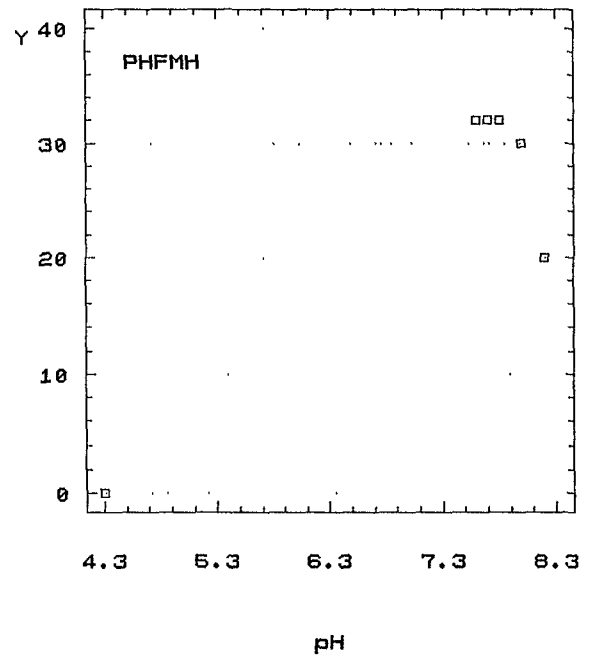
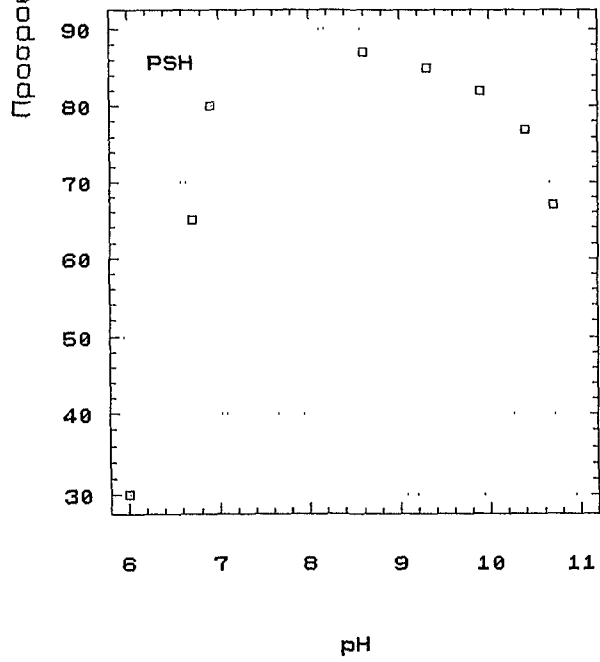
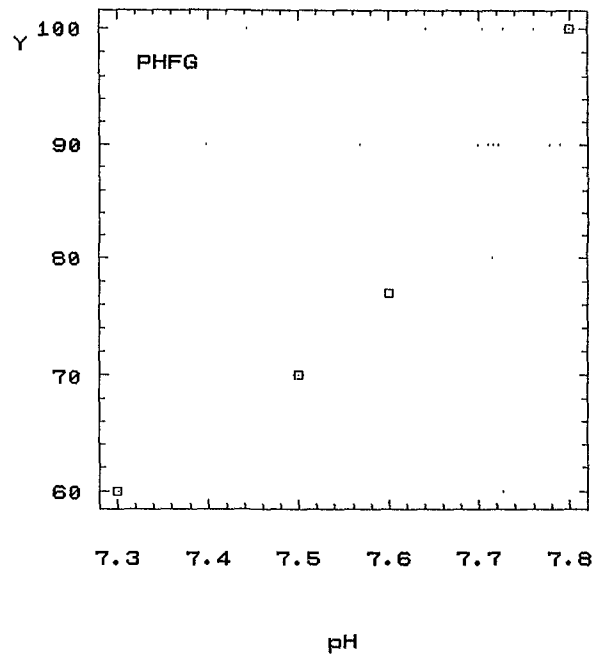
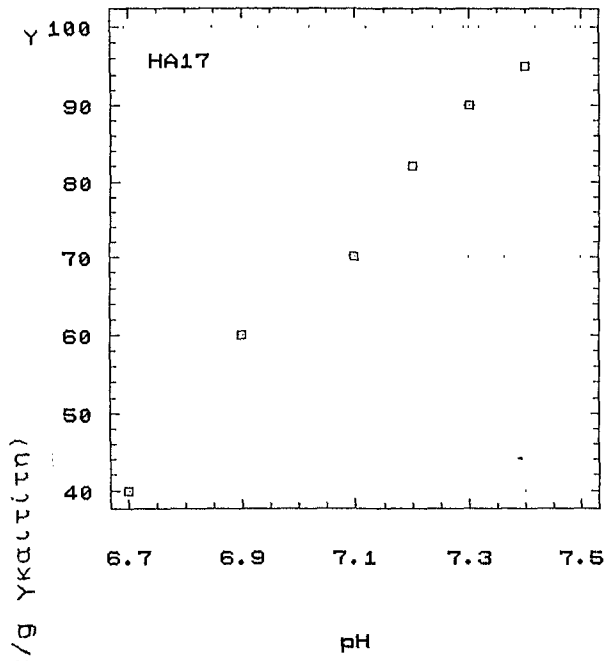
στα οξείδια του Fe. Το μέγιστο προσρόφησης παρατηρήθηκε σε τιμές pH 9,5-11,0, που είναι υψηλότερες από αυτές που ανέφεραν οι Sims and Bingham (1968). Στα δείγματα GA<sub>18</sub>, HA<sub>17</sub> και PHFG δεν βρέθηκε μέγιστο προσρόφησης, λόγω του ότι οι υψηλότερες τιμές pH, υπό τα οποία έγινε η προσρόφηση του B, είναι αρκετά μικρότερες της pK του βορικού οξέος.



Σχ. 53. Επίδραση του pH στην Προσρόφηση του Βορίου στους Γκαϊτίτες



Σχ. 54. Επίδραση του pH στην Προσρόφηση του Βαρίου στους Γκαϊτίτες



Σχ. 55. Επίδραση του pH στην Προσρόφηση του Βαρίου στους Γκαιτίτες

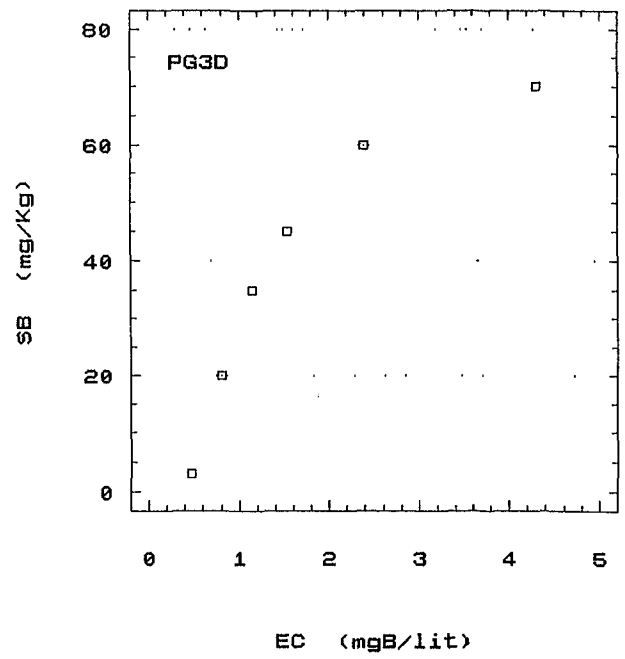
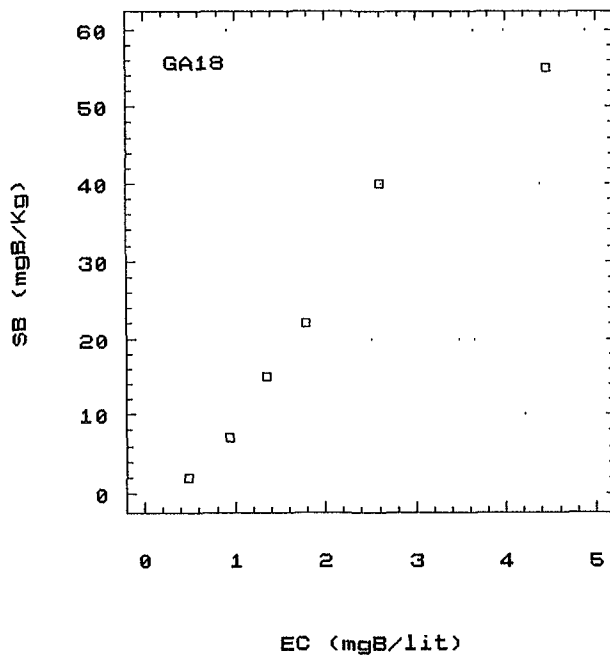
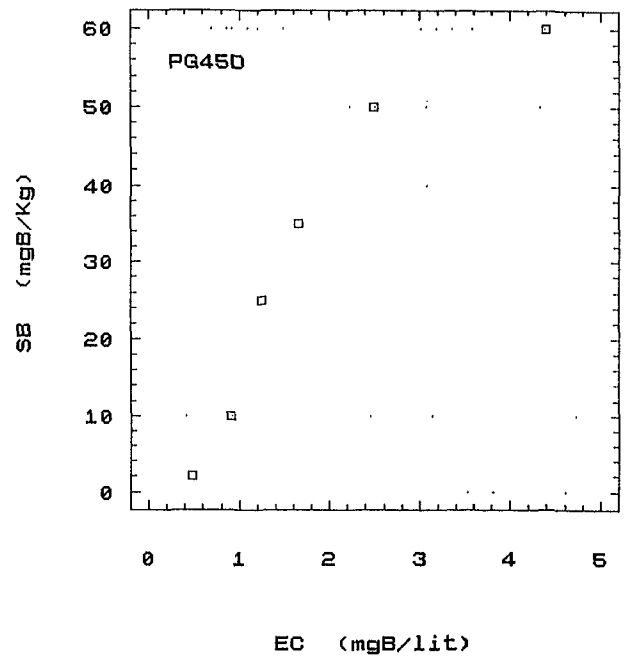
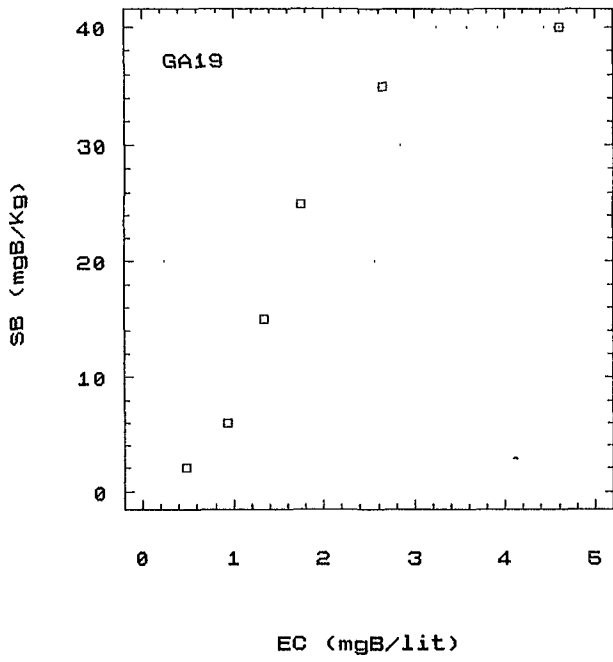
#### 4.7.4. Ισόθερμοι Προσρόψης Βορίου σε Γκαιτίτες και Αιματίτες.

Πολλοί ερευνητές αναφέρθηκαν μέχρι σήμερα στη σχέση της προσρόψης του Β με τα οξειδία του Fe, τόσο σε εδαφικά, όσο και σε καθαρά συστήματα (Sims and Bingham, 1968, Bingham et al, 1971, McPhail et al, 1972). Λίγα όμως δεδομένα υπάρχουν σχετικά με την ποσοτική περιγραφή του φαινομένου σε καθαρά συστήματα οξειδίων του Fe. Έτσι σε μια σειρά δειγμάτων (8 γκαιτιτών και 7 αιματιτών), έγιναν οι ισόθερμες προσρόψης του Β, προκειμένου να διερευνηθεί η σχέση που περιγράφει ποσοτικά το φαινόμενο. Τα αποτελέσματα δίνονται στους πίν. 43 και 44 (παράρτημα) και τα σχ. 56-59.

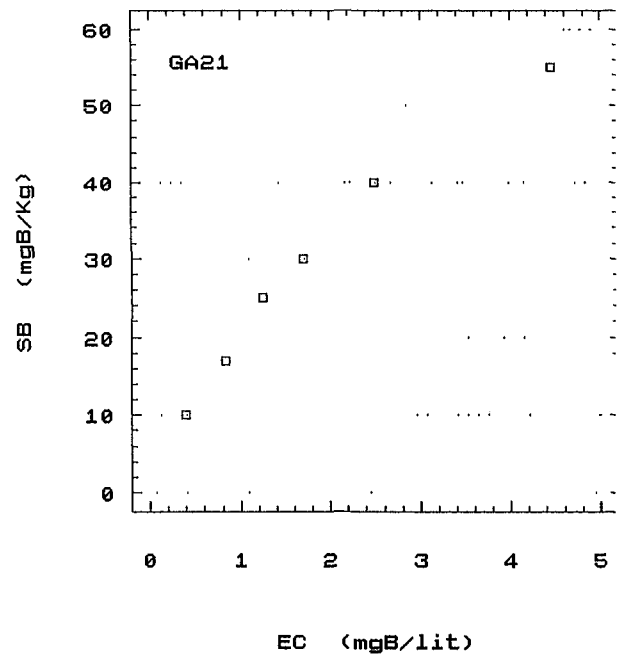
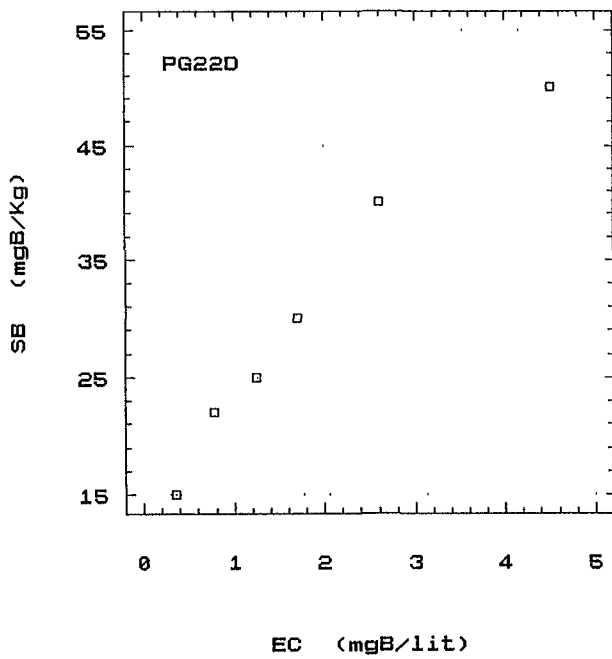
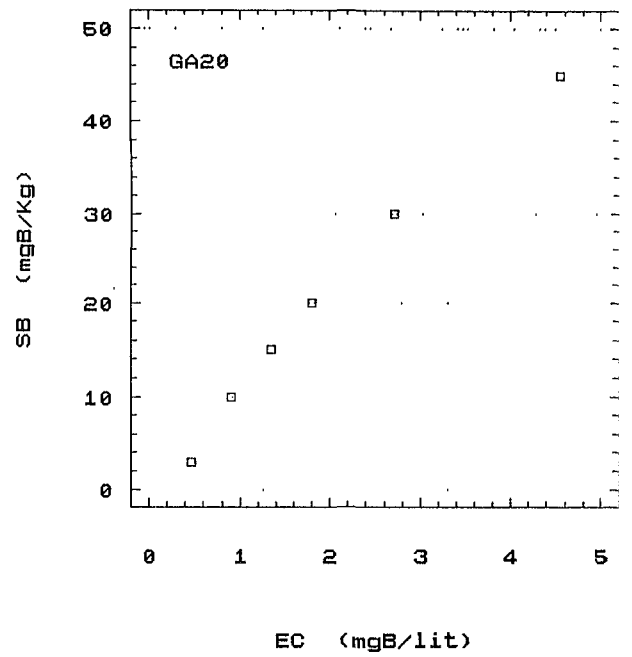
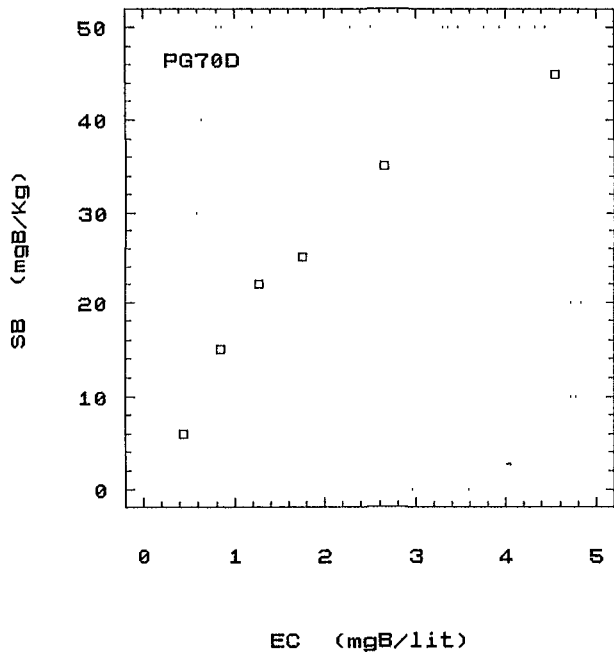
Οι McPhail et al (1972), βρήκαν ότι η προσρόψη του Β σε τεχνητά παρασκευαζόμενα οξειδία του Fe περιγράφονταν ικανοποιητικά από το μοντέλο του Langmuir. Στα δεδομένα προσρόψης Β των πιν. 43 και 44 δοκιμάσθηκε η προσαρμογή τριών εξισώσεων:

- α) Του Freundlich ( $x/m = Kc^{1/n}$ ),
- β) Του Langmuir ( $C/x/m = 1/Kz + C/z$ ) και
- γ) Η παραβολική εξίσωση 2<sup>ου</sup> βαθμού,  $x/m = a + bc + dc^2$ , όπου:  
 $x/m$  = η προσροφούμενη ποσότητα Β (μg/g),  
C = η συγκέντρωση Β στο διάλυμα ισορροπίας (μg/ml),  
z = το μέγιστο προσρόψης Β, όπως αυτό υπολογίζεται από την εξίσωση Langmuir και  
K, n = σταθερές.

Από την εξίσωση 2<sup>ου</sup> βαθμού υπολογίσθηκε η μέγιστη τιμή προσροφούμενου Β (Sm) από την τιμή C, που υπολογίζεται με



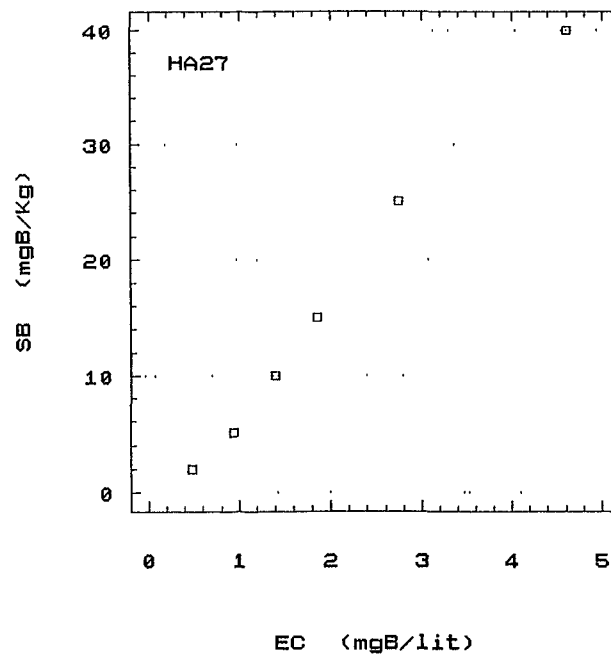
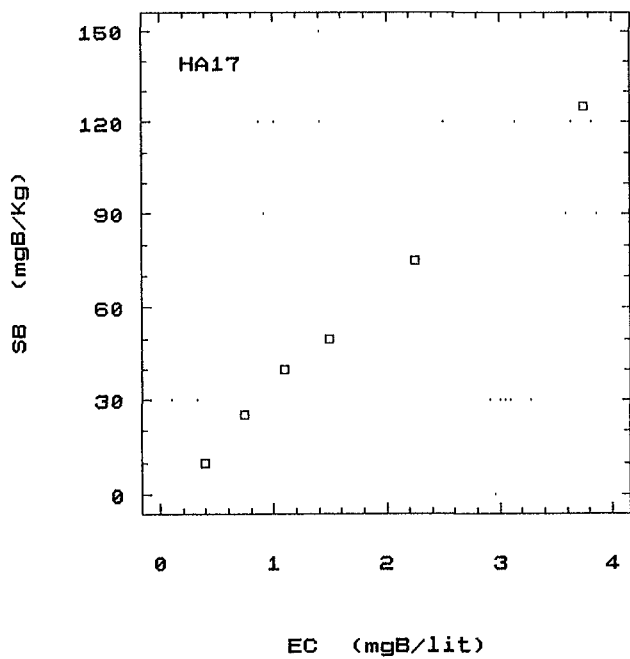
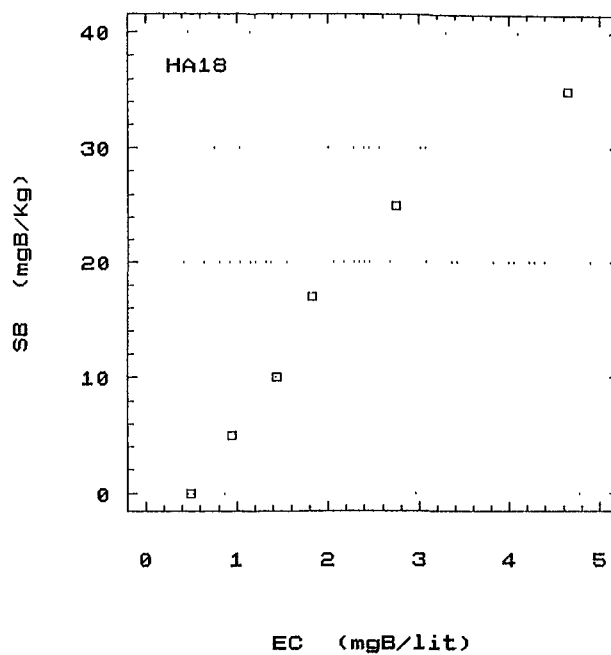
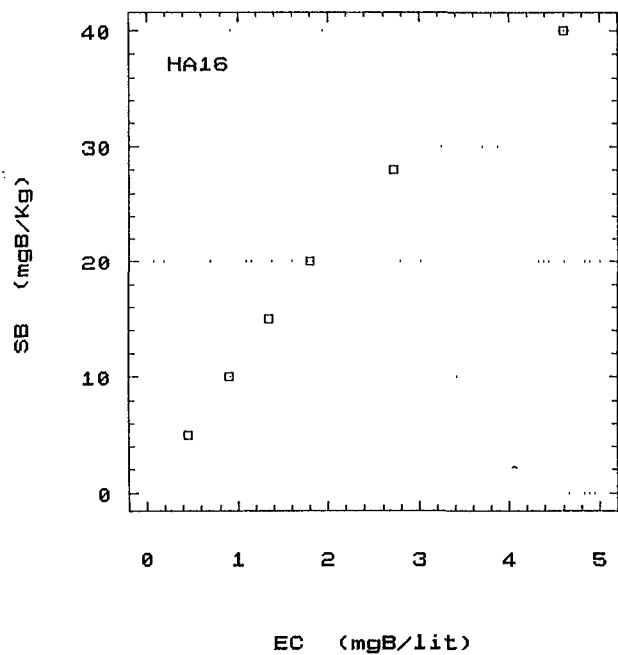
Σχ. 56. Ισόθερμοι Προσρόφησης Βορίου σε Γκαλιτίες  
SB: Προσαρτώμενο Β  
EC: Συγκέντρωση Ισσορροπίας



Σχ. 57. Ισόθερμοι Προσρόφησης Βορίου σε Γκαλιίτες

SB: Προσροφούμενο Β

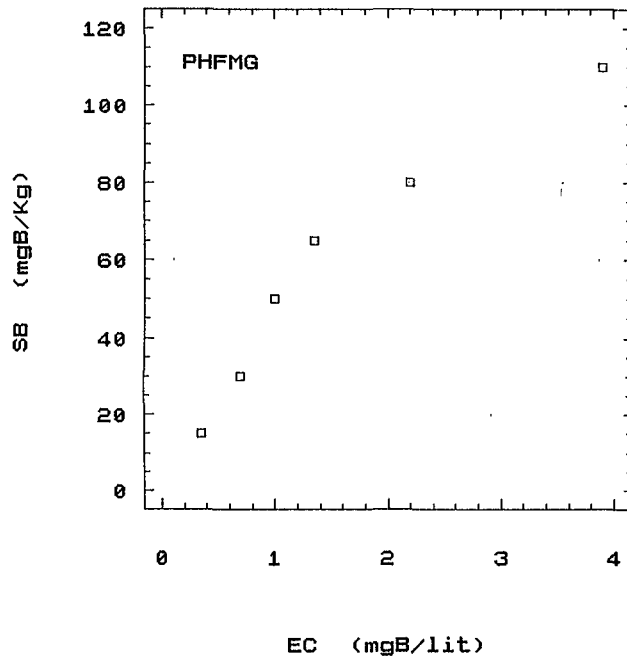
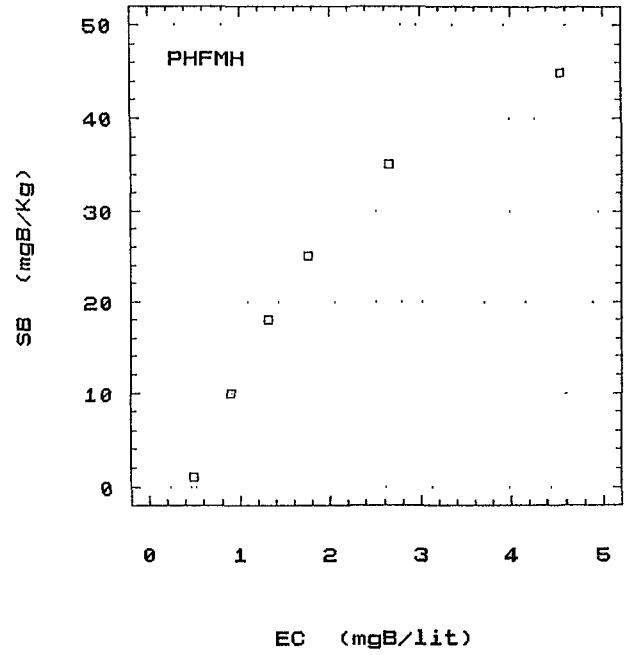
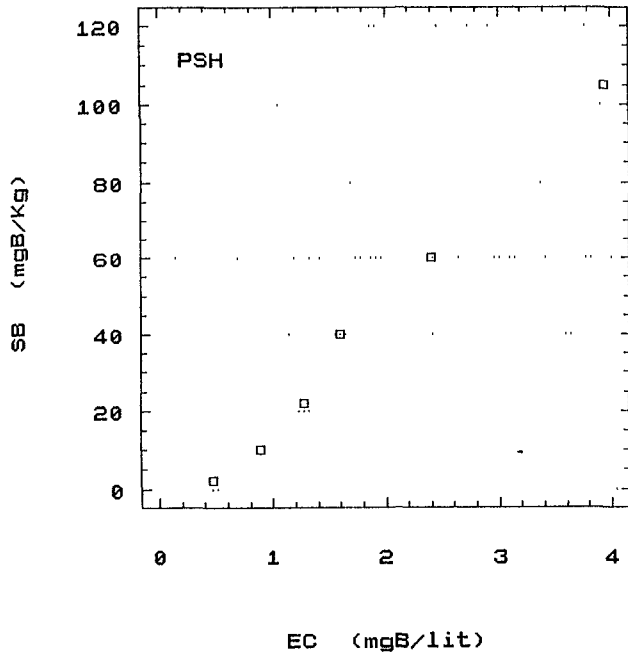
EC: Συγκέντρωση ισορροπίας



Σχ. 58. Ισόθερμοι Προσρόφησης Βορίου σε Αιματίτες

SB: Προσροφούμενο Β

EC: Συγκέντρωση ισορροπίας



Σχ. 59. Ισόθερμοι Προσρόφησης Βορίου σε Αιματίτες

SB: Προσροφούμενο Β

EC: Συγκέντρωση Ισορροπίας



μηδενισμό της α' παραγώγου της εξίσωσης. Η προσαρμογή των δεδομένων προσρόφησης στις εξισώσεις αυτές και οι παράμετροι των εξισώσεων φαίνονται στους πίν. 51 και 52.

Πίν. 51. Προσαρμογή Δεδομένων Προσρόφησης Βορίου σε Γκαιοίτες και Αιματίτες στο Μοντέλο του Freundlich

A/A	Παράμετροι Freundlich			A/A	Παράμετροι Freundlich		
	Γκαιοίτ.	K	1/n		Αιματ.	K	1/n
GA18	7.731	1.534	0.983	HA16	10.954	0.906	0.997
GA19	7.453	1.406	0.955	HA17	31.469	1.101	0.993
GA20	9.275	1.163	0.982	HA18	7.380	1.167	0.883
GA21	19.980	0.720	0.997	HA27	5.780	1.366	0.995
PG3D	17.766	1.311	0.886	PSH	11.224	1.888	0.978
PG22D	24.164	0.476	0.995	RHFMH	7.073	1.609	0.912
PG45D	10.785	1.537	0.933	RHFMG	41.869	0.831	0.977
PG70D	14.949	0.841	0.974				

Πίν. 52. Προσαρμογή Δεδομένων Προσρόφησης Βορίου σε Γκαιοίτες και Αιματίτες στις Εξισώσεις Langmuir και Παραβολικής

A/A	Παράμετροι παραβολικής εξίσωσης ( $x/m = a + bc + dc^2$ )				Συντελ. συσχ. ( $R^2$ )	
	a	b	d	Sm	παραβολ. εξίσ.	Langmuir
<u>Γκαιοίτ.</u>						
GA18	-10.99	22.80	-1.76	63.20	0.986**	0.410 ns
GA19	-12.17	25.64	-3.09	56.44	0.980**	0.230 ns
GA20	-3.33	14.83	-0.93	56.43	0.999***	0.130 ns
GA21	2.68	19.14	-1.66	57.62	0.999***	0.980***
PG3D	-15.96	49.34	-6.86	72.57	0.991***	0.073 ns
PG45D	-17.70	39.51	-4.96	60.90	0.992***	0.212 ns
PG22D	10.50	13.89	-1.13	53.15	0.994***	0.960***
PG70D	-0.51	18.61	-1.90	44.90	0.992***	0.723**
<u>Αιματ.</u>						
HA16	-0.86	13.13	-0.92	45.50	0.999***	0.884**
HA17	-3.09	37.32	-0.87	448.23	0.998***	0.168 ns
HA18	-7.07	14.79	-1.23	35.65	0.992***	0.325 ns
HA27	-4.33	11.16	-0.32	95.41	0.996***	0.563 ns
PSH	-16.46	33.63	-0.72	381.30	0.993***	0.410 ns
RHFMH	-9.91	24.44	-2.73	44.66	0.999***	0.194 ns
RHFMG	-1.60	54.28	-6.65	108.29	0.985**	0.792**

Σημ.: \*\*, \*\*\* : Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο πιθανότητας 0.01 και 0.001 αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.  
Sm: Maximum προσρόφησης

Από τα δεδομένα των πινάκων φαίνεται ότι καλύτερη προσαρμογή προς αυτά, έδειξε η παραβολική εξίσωση σε όλες τις περιπτώσεις. Ικανοποιητικά επίσης απέδωσε την προσρόφηση του Β και η εξίσωση Freundlich. Η εξίσωση Langmuir περιέγραψε ικανοποιητικά το φαινόμενο μόνο σε πέντε περιπτώσεις, ήτοι σε τρεις γκαιτίτες και δύο αιματίτες. Το μέγιστο προσρόφησης κυμάνθηκε σε ευρέα όρια, από 35,0 - 448,0 μgB/g οξ. του Fe. Οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρήθηκαν σε δείγματα αιματιτών. Οι Sims and Bingham (1968), αναφέρουν μέγιστες τιμές προσρόφησης κυμαινόμενες από 30 - 350 μgB/g οξ. του Fe περίπου, ανάλογα με το χρόνο παλαίωσης (aging) των οξειδίων. Αντίθετα οι McPhail et al (1972), παρατήρησαν μέγιστες τιμές προσρόφησης σε πρόσφατα παρασκευαζόμενα οξειδία του Fe μέχρι και 7000 μgB/g. Οι τιμές που βρέθηκαν εδώ συμφωνούν με αυτές των Sims and Bingham (1968).

#### 4.7.5. Υπέρυθρη Ανάλυση των Οξειδίων του Fe χωρίς Βόριο και με Βόριο.

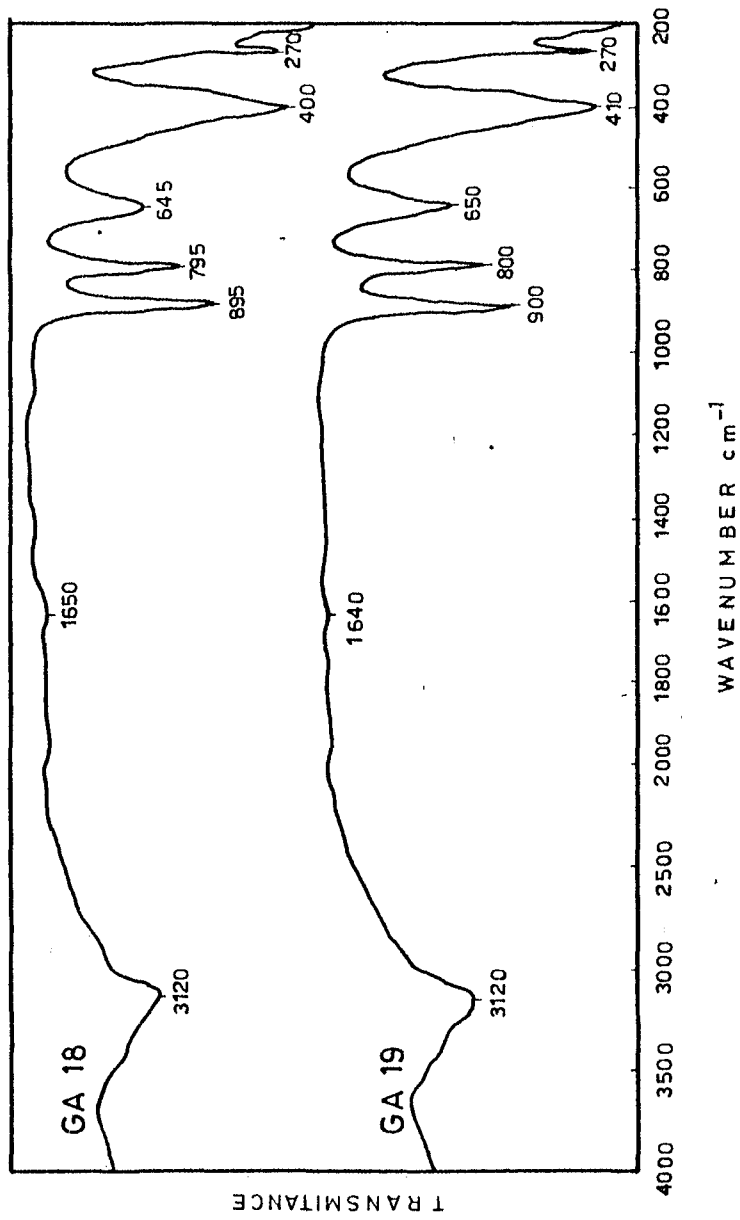
Η υπέρυθρη (IR) ανάλυση έχει χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη των αντιδράσεων του Β με ενώσεις του ΑΙ, (Beyrouty et al, 1984). Η αντίδραση του Β με ορισμένες ομάδες επιφέρει αλλαγές, που φαίνονται στο υπέρυθρο φάσμα.

Προκειμένου να μελετηθεί με ποιες ομάδες των οξειδίων του Fe αντιδρά το Β, κατά το πείραμα προσρόφησης υπό σταθερή συγκέντρωση Β (2 μgB/ml), σε τρία δείγματα γκαιτίτη και δύο αιματίτη, έγιναν τα υπέρυθρα φάσματα τόσο πριν την προσρόφηση του Β, όσο και μετά από αυτή. Τα φάσματα φαίνονται στα σχ. 60-63. Οι γκαιτίτες σχ. 60, παρουσίασαν peak στις συχνότητες

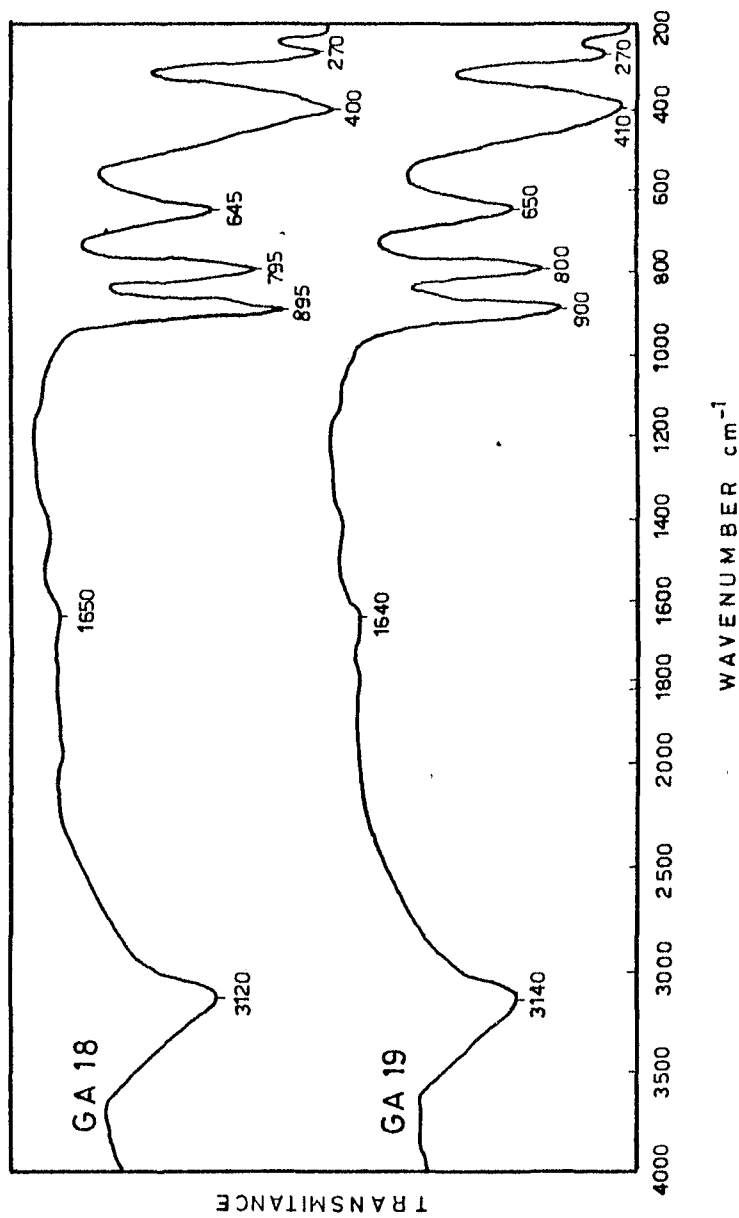
3120  $\text{cm}^{-1}$ , 1650  $\text{cm}^{-1}$  (πολύ ασθενές), περί τα 900  $\text{cm}^{-1}$ , περί τα 650  $\text{cm}^{-1}$ , περί τα 410  $\text{cm}^{-1}$  και στα 270  $\text{cm}^{-1}$ . Στις ίδιες ακριβώς συχνότητες έδωσαν peak και τα αντίστοιχα δείγματα γκαϊτιτών, στα οποία έγινε προσρόφηση Β ( 10.50  $\mu\text{gB/g}$  στο δείγμα GA<sub>18</sub> και 9.75  $\mu\text{gB/g}$  στο δείγμα GA19) (σχ. 61).

Παρόμοια και οι αιματίτες τόσο στην αρχική τους μορφή, όσο και μετά την πρόσροφηση του Β (13.5  $\mu\text{gB/g}$  στο δείγμα HA<sub>15</sub>, 15.0  $\mu\text{gB/g}$  στο δείγμα HA<sub>18</sub> και 0.0  $\mu\text{gB/g}$  στο δείγμα HA<sub>27</sub>), έδωσαν peak στις ίδιες συχνότητες : περί τα 3450  $\text{cm}^{-1}$ , περί τα 1650  $\text{cm}^{-1}$ , 1430  $\text{cm}^{-1}$ , 1120  $\text{cm}^{-1}$ , 920  $\text{cm}^{-1}$ , περί τα 800  $\text{cm}^{-1}$ , 650  $\text{cm}^{-1}$ , 550  $\text{cm}^{-1}$ , 470  $\text{cm}^{-1}$  και 350  $\text{cm}^{-1}$  (σχ. 62, 63).

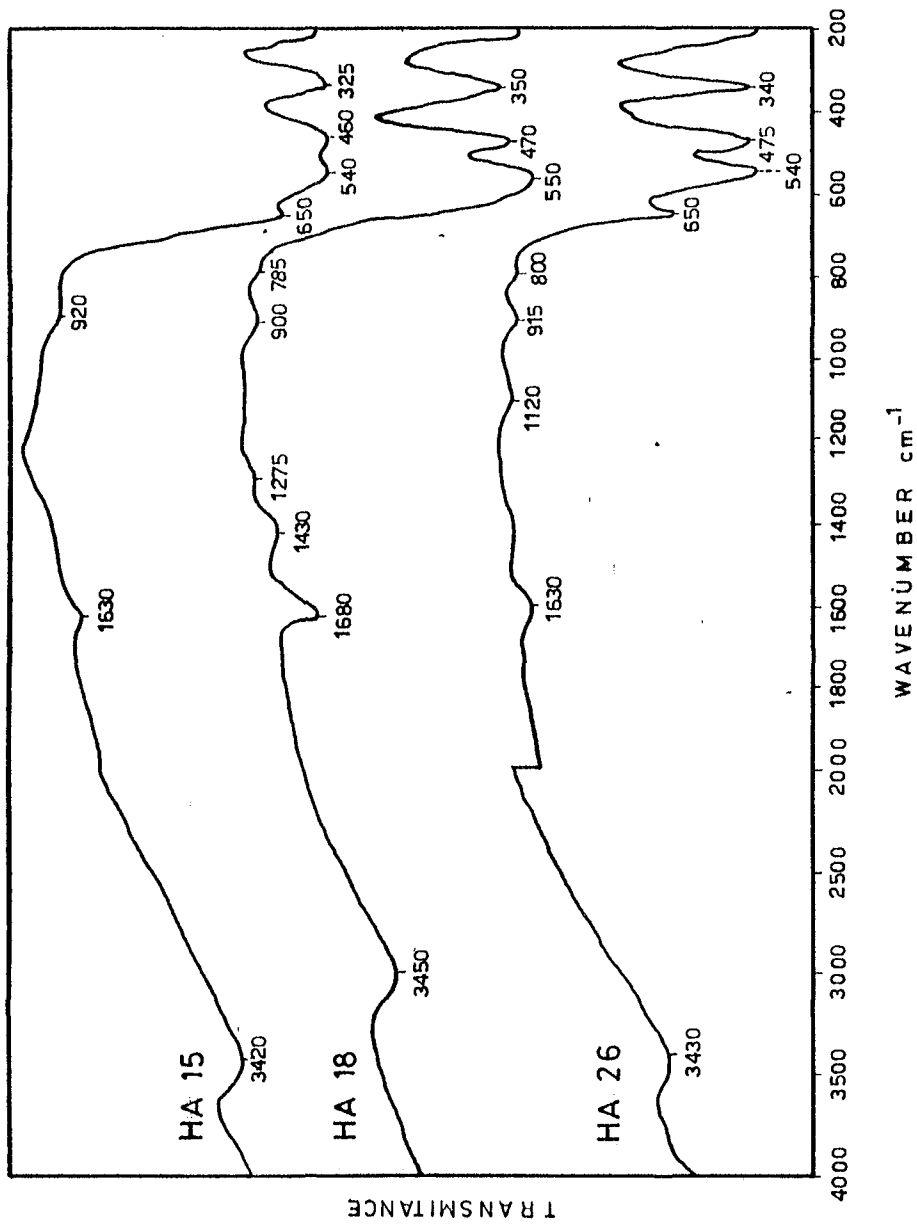
Η μη διαπίστωση αλλαγών στα υπέρυθρα φάσματα μετά την προσρόφηση του Β πιθανότατα οφείλεται στη μικρή συγκέντρωση Β που χρησιμοποιήθηκε. Για να καταγραφούν στα υπέρυθρα φάσματα τέτοιες αλλαγές, θα έπρεπε η προσρόφηση του Β να φθάσει το μέγιστο και αυτό επιτυγχάνεται όταν η συγκέντρωση του Β στο διάλυμα είναι πολύ υψηλή (Beyrouty et al, 1984).



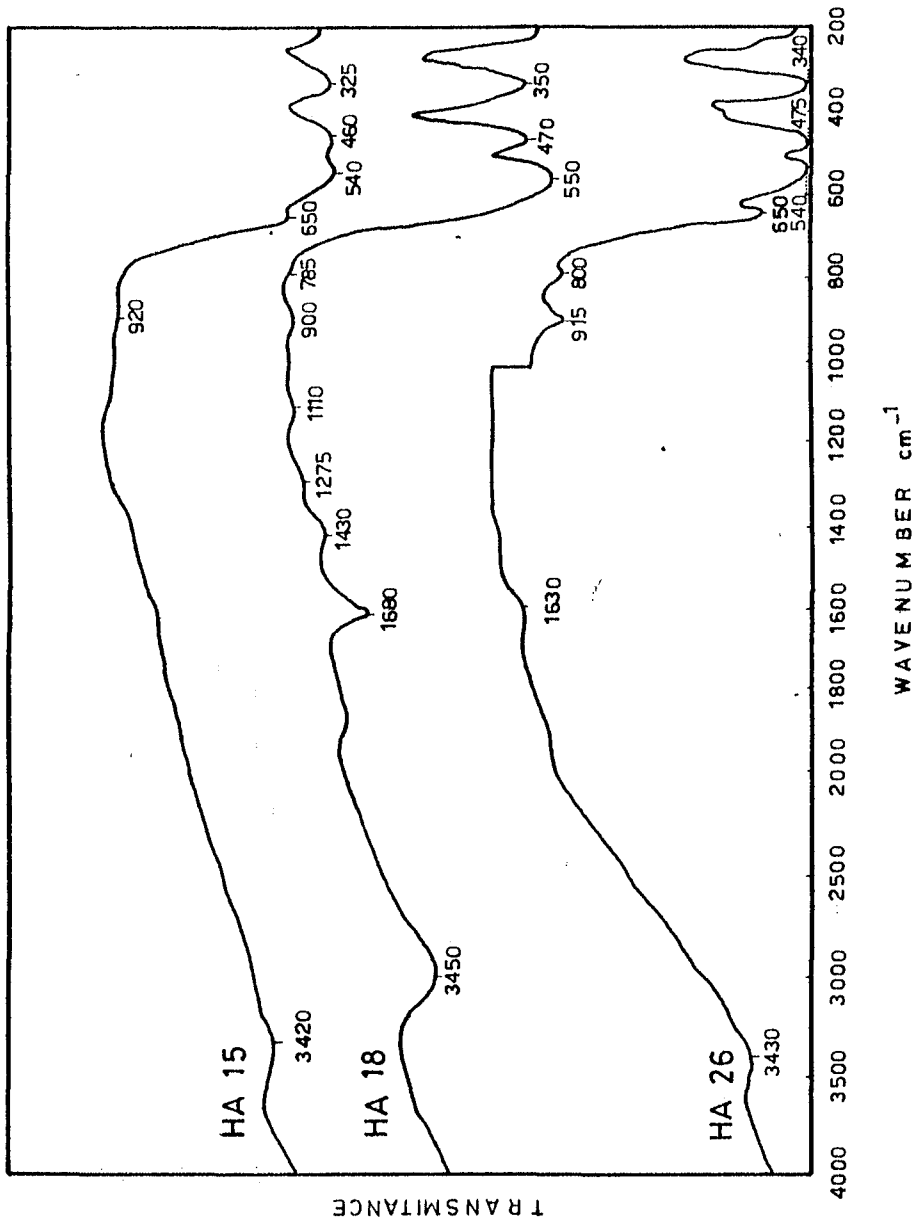
Σχ. 60. Φάσματα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) Γκαλιτών στην αρχική τους κατάσταση



Σχ. 61. Φάσματα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) Γκαλιτών μετά την προσρόφηση Βορίου



ΣΧ. 62. Φάσματα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) Αιματιτών



ΣΧ. 63. Φάσματα υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) Αιματινών μετά την προσρόφηση Βορίου

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας τα συμπεράσματα, στα οποία οδηγούν τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας αναφέρονται τα ακόλουθα:

- Η περιεκτικότητα σε Β των μητρικών πετρωμάτων κυμάνθηκε σε ευρέα όρια. Μεγαλύτερη περιεκτικότητα παρουσίασαν τα ιζηματογενή (σχιστόλιθοι-shales) με μέση τιμή 122.3 μgB/g, ακολουθώντας τα πυριγενή με μέση περιεκτικότητα 72.2 μgB/g και ο ασβεστόλιθος με 18.7 μgB/g πετρώματος. Τα εδάφη που προέρχονται από αυτά, περιέχουν αντίστοιχα κατά μ.ό. 107.0 58.0 και 51.0 μgB/g εδ.

- Το εδαφικό Β που εκχυλίζεται με ζέον ύδωρ (HwsB), αραιό διάλυμα HCl (HCl-B), ψυχρό ύδωρ (CwsB), αραιό διάλυμα CaCl<sub>2</sub> (CaCl<sub>2</sub>B), αραιό διάλυμα mannitol (ManB), διάλυμα NH<sub>2</sub>.OH.HCl (MnB) και διάλυμα οξαλικού αμμωνίου (AmoxB), είναι σε διάφορο βαθμό διαθέσιμο στα φυτά.

- Το αραιό διάλυμα HCl εκχυλίζει συγκρίσιμες ποσότητες Β με το ζέον ύδωρ. Δεδομένου δε ότι η μέθοδος εκχύλισης αυτής της μορφής Β είναι πάρα πολύ απλή και γρήγορη, προτείνεται η χρήση της έναντι της μεθόδου εκχύλισης του ζέοντος ύδατος.

- Το ολικό Β του συνόλου των μελετηθέντων εδαφών κυμάνθηκε σε πολύ ευρέα όρια, 29.7-259.1 μg/g εδ. Από αυτό, το HwsB καταλαμβάνει ποσοστό μόνο 0.06-2.58 %, το HCl-B 0.03-2.61 %, ενώ το σύνολο των κλασμάτων του Β που προσδιορίσθηκαν, καταλαμβάνει μέχρι και το 10 % περίπου του ολικού Β.

- Σε σημαντικό βαθμό διαθέσιμα στα φυτά είναι τα κλάσματα, μη ειδικά προσροφημένο Β (NsaB), ειδικά προσροφημένο Β (SaB), και Β συνδεδεμένο με τα άμορφα οξείδια του Fe (FeoB). Μη



διαθέσιμο είναι το B που συνδέεται με τα οξυυδροξείδια του Mn (MnB).

- Το HwsB στο μεγαλύτερο ποσοστό του (86-96%), προέρχεται από το B του εδαφικού διαλύματος (CwsB), το χαλαρά και με μη ειδικό τρόπο προσροφημένο στα εδαφικά συστατικά B (NsaB), το B που είναι προσροφημένο στην άργιλλο και την οργανική ουσία (SaB) και το B που συγκρατείται στα οξείδια του Fe (FeoB) και του Mn (MnoB).

- Το pH των εδαφών επηρεάζει ισχυρά τη σχέση του HwsB με τις άλλες εδαφικές παραμέτρους. Σε όξινα περιβάλλοντα το HwsB εξαρτάται σημαντικά από την οργανική ουσία των εδαφών, ενώ σε υψηλά pH, επηρεάζεται και από τα sesquioxides με αρνητικό τρόπο. Σε περιβάλλοντα όμως με υψηλά ποσοστά ανταλλάξιμου Ca και Mg, επηρεάζεται σημαντικά και από αυτά. Το ανταλλάξιμο Ca πρέπει να επηρεάζει θετικά τη συγκράτηση του B από την οργανική ουσία. Επίσης το HwsB συσχετίζεται σημαντικά με το ποσοστό των υδατοδιαλυτών υδατανθράκων (Wsc).

- Το CwsB συσχετίζεται αρνητικά με το ποσοστό των sesquioxides, το NsaB συσχετίζεται με το pH, το SaB με το pH, την οργανική ουσία, το Kex και τα οξείδια του Mn και το FeoB με το pH, την CEC, τα κατιόντα Ca και Mg και τα sesquioxides.

- Η προσρόφηση του B στα εδάφη εξαρτάται ισχυρά από τις παραμέτρους ειδική επιφάνεια, CEC, pH, ανταλλάξιμα κατιόντα Ca, Mg, και sesquioxides. Ο ρόλος των τελευταίων είναι ισχυρότερος σε υψηλότερα pH. Η οργανική ουσία δεν έχει σταθερή επίδραση στην προσρόφηση του B. Σε άλλα εδάφη η απομάκρυνσή της αυξάνει την προσρόφηση του B, ενώ σε άλλα την

ελαττώνει ή την αφήνει ανεπηρέαστη. Από τα sesquioxides σημαντικότερο ρόλο στην προσρόφηση του Β παίζουν τα άμορφα οξειδία του Α1.

- Η προσρόφηση του Β στα εδάφη περιγράφεται ικανοποιητικά από το μοντέλο του Freundlich και λιγότερο από το μοντέλο του Langmuir. Οι παράμετροι  $K$  και  $1/n$  του Freundlich, επηρεάζονται ισχυρά από τα sesquioxides, το pH και τους υδατοδιαλυτούς υδατάνθρακες, παράγοντες που ερμηνεύουν σημαντικά ποσοστά της παραλλακτικότητάς τους.

- Η παραλλακτικότητα του μέγιστου της προσρόφησης Β των εδαφών, όπως αυτό υπολογίζεται από το μοντέλο του Langmuir, ερμηνεύεται σχεδόν εξ ολοκλήρου (96 %), από το ποσοστό του αμόρφου Α1 και την ειδική επιφάνεια των εδαφών.

- Η σχέση των χουμικών οξέων (HA) με το Β εξαρτάται ισχυρά από το pH. Σε χαμηλά pH τα HA δεν προσροφούν Β, ενώ σε υψηλότερα pH (> 7.0) συγκρατούν σημαντικές ποσότητες Β, πολύ μεγαλύτερες των αντίστοιχων που προσροφούνται στα εδάφη (0.222-0.383 mgB/g HA).

- Τα υπέρυθρα φάσματα που πάρθηκαν μετά την αντίδραση HA και FA με διάλυμα βόρακα, διέφεραν από τα αρχικά στο ότι δεν παρουσίασαν απορρόφηση στα 1710-1730  $\text{cm}^{-1}$  και στα 1540-1550  $\text{cm}^{-1}$ , γεγονός οφειλόμενο πιθανόν στο σχηματισμό άλατος των -COOH με το Na, ενώ ενισχύθηκε η ένταση των peaks στα 1400  $\text{cm}^{-1}$  και στα 1030  $\text{cm}^{-1}$ .

- Συνθετικά οξειδία Fe, γκαιτίτες και αιματίτες, έδειξαν σημαντική συγγένεια με το Β. Σε πειράματα προσρόφησης συγκράτησαν σημαντικές ποσότητες Β (μέγιστο προσρόφησης 44.9-

448.23  $\mu\text{g/g}$  οξ.). Το ποσό του προσροφούμενου Β συσχετίσθηκε σημαντικά με τη διάσταση  $b$  της στοιχειώδους κυψελίδας, την ειδική επιφάνεια των οξειδίων και τις διαστάσεις των κρυστάλλων των γκαϊτιτών. Η αντικατάσταση του Fe από το Al φαίνεται ότι επηρεάζει αρνητικά την προσρόφηση του Β στους γκαϊτίτες, η οποία πρέπει να γίνεται με ανταλλαγή OH τάσεως ( $\nu\text{-OH}$ ), και  $\text{B(OH)}_4^-$ . Παρόμοια στους αιματίτες, η προσρόφηση του Β εξαρτάται ισχυρά από την ειδική επιφάνεια αυτών, όπως προκύπτει από την θετική συσχέτιση του ποσού του προσροφούμενου Β και του λόγου  $\text{Fe}_0/\text{Fe}_t$  και την αντίστοιχη αρνητική με τη μέση κρυσταλλική διάσταση  $\text{MCD}_{104}$  και τη διάσταση  $c$  της στοιχειώδους κυψελίδας. Σε αντίθεση με τους γκαϊτίτες, στους αιματίτες φαίνεται ότι η αντικατάσταση του Fe από το Al επηρεάζει αρνητικά την προσρόφηση του Β.

- Η προσρόφηση του Β από τα συνθετικά οξείδια του Fe επηρεάζεται ισχυρά από το pH. Με την αύξηση του pH, αυξάνεται και το ποσό του προσροφούμενου Β μέχρι τις τιμές pH 9.5-11.0, πέραν των οποίων ελαττώνεται.

- Το φαινόμενο της προσρόφησης του Β περιγράφεται καλύτερα από παραβολική εξίσωση 2<sup>ου</sup> βαθμού. Ικανοποιητικά επίσης περιγράφεται και από την εξίσωση του Freundlich σε όλες τις περιπτώσεις, ενώ από την εξίσωση Langmuir περιγράφεται ικανοποιητικά μόνο σε ορισμένες.

- Η υπέρυθρη ανάλυση των οξειδίων πριν και μετά την προσρόφηση του Β, δεν έδειξε καμιά διαφοροποίηση στην απορρόφηση, πιθανόν λόγω των μικρών συγκεντρώσεων Β που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσρόφηση του Β.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adams, F. 1980. Interactions of Phosphorus with Other Elements in Soils and in Plants. In F.E.Khasawneh, E.C.Sample, and E.J.Kamprath (ed.) The Role of Phosphorus in Agriculture. ASA, CSSA, SSSA. Mad. Wisc. USA.
- Allison, L.E., and C.D. Moodie. 1965. Carbonate. In C.A.Black (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 2, ASA, No 9, Mad. Wisc. USA.
- Bergner, K.C. 1949.. Boron in Soils and Crops. Adv. Agron. 1:321-351.
- Berger, K.C., and E.Truog. 1939. Boron Determination in Soils and Plants. Ind. Eng. Chem. Anal. Educ. 11:540-544.
- Berger, K.C., and E. Truog. 1945. Boron Availability in Relation to Soil Reaction and Organic Matter Content. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 113-116.
- Berger, K.C., and P.F. Pratt. 1963. In M.H.McVickar et al.(ed.) Fertilizer Technology and Usage. p.281-340. ASA, Mad. Wi. USA.
- Bergman, W. 1984. The Significance of the Micronutrient Boron in Agriculture.Symposium held in the Intern.Trade Centre of the G.D.R. Berlin.
- Beyrouthy, C.A., G.E.Van Scoyoc, and J.R.Feldkamp. 1984. Evidence Supporting Specific Adsorption of Boron on Synthetic Aluminum Hydroxides. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:284-287.
- Biggar, J.W., and M. Fireman. 1969. Boron Adsorption and Release by Soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Vol. 23:115-119.
- Bingham, F.T., and M.J. Barber, 1960. Solubility and Availability of Micronutrients in Relation to Phosphorus Fertilization. Soil Sci.Soc. Am. Proc. :209-213.
- Bingham, F.T., and A.L. Page. 1971. Specific Character of Boron Adsorption by an Amorphous Soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35: 892-893.
- Bingham, F.T., A.L. Page, N.T. Coleman, and K. Flach. 1971. Boron Adsorption Characteristics of Selected Amorphous Soil from Mexico and Hawaii. Soil Sci Soc. Am. Proc. Vol.35:546-550.
- Bingham, F.T. 1982. Boron. In A.L. Page (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy 9 .ASA, SSSA, Mad.Wisc. USA.

- Blatt, C.R. 1982. Effects of Two Boron Sources Each Applied at Three Rates to the Strawberry cv. Midway on Soil and Leaf Boron Levels and Fruit Yields. *Commun.in Soil Sci. Plant Anal.*, 13(1), 39-47.
- Boeseken, J. 1949. The Use of Boric Acid for the Determination of the Configuration of Carbohydrates. *Advances in Carbohydrate Chemistry*. 4:189-210.
- Cartwright, B., K.G. Tiller, B.A. Zarcinas, and L.R. Spouner. The Chemical Assessment of the Boron Status of Soils. *Aust. J. Soil Res.*, 1983, 21, 321-32.
- Chang, S.C., and M.L. Jackson. 1957. Fractionation of Soil Phosphorus. *Soil Sci.* 84:133-144.
- Chao, T.T. 1972. Selective Dissolution of Manganese Oxides from soils and Sediments with Acidified Hydroxylamine Hydrochloride. *Soil Sci. Am. Proc.*, Vol. 36:764-768.
- Chapman, H.D. 1966. *Diagnostic Criteria for Plants and Soils*. Univ. Calif. USA.
- Chapman, H.D., and A.P. Vanselow. 1955. Boron Deficiency and Excess. *Calif. Citrograph* 40:455-456, 458-460.
- Chen, Y., N. Senesi, and M. Schnitzer. 1978. Chemical and Physical Characteristics of Humic and Fulvic Acids Extracted from Soils of the Mediterranean Region. *Geoderma*, 20:87-104.
- Cihaek, L.J., and J.M. Bremner. 1979. A Simplified Ethylene Glycol Monoethyl Ether Procedure for assessment of Soil Surface Area. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43:821-822.
- Conner, J.M. 1970. Thermodynamics of Formation of Hexose - Borate Complexes. *J. Inorg. Nucl. Chem.* pp.3545 to 3548.
- Conner, J.M. and V.C. Bulgrin. 1967. Equilibria Between Borate ion and Some Polyols in Aqueous Solution. *J. Inorg. Nucl. Chem.* Vol.29.pp 1953 to 1961.
- Couch, E.L., and R.E. Grim. 1968. Boron Fixation by Illites. *Clays Clay Miner.*16:249-256.
- Δημητριάδης, Σ.Δ., Ν.Α. Γαβαλάς και Κ.Δ. Χολέβας. 1960. Τροφопενία Βορίου εις Ελαιώνας της νήσου Λέσβου. *Χρον. Μην. Φυτ. Ινστ., Ν.Σ.* 3:123-134.
- Δημητριάδης, Σ.Δ., Κ.Δ. Χολέβας και Δ. Δημοπούλου-Λέκκα. 1971. Τροφопενία Βορίου εις την Βερικοκέαν εν Ελλάδα. *Χρον. Μην. Φυτ. Ινστ., Ν.Σ.* 10:238-240.

- Δημητριάδης, Σ.Δ., Κ.Δ. Χολέβας και Ν.Α.Γαβαλάς. 1963. Τροφονενία Βορίου εις την Μηλέαν εν Ελλάδι. Χρον. Μπεν. Φυτ. Ινστ., Ν.Σ, 5:302-308.
- Eirashidi, M.A., and G.A. O'Connor 1982. Boron Adsorption and Desorption in Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 27-31.
- Evans, L.J. 1987. Retention of Boron by Agricultural Soils from Ontario. Can. J. Soil Sci. 67:33-42.
- Evans, C.M., and D.L. Sparks. 1983. On the Chemistry and Mineralogy of Boron in Pure and in Mixed Systems. Commun. in Soil Sci. Plant Anal., 14 (9), 827-846.
- Fleet, M.E.L. 1965. Preliminary Investigations into the Sorption of Boron by Clay Minerals. Clay Miner. 6:3-16.
- Fu, M.H., and M.A. Tabataba'i. 1989. Nitrate Reductase Activity in Soils: Effects of Trace Elements. Soil Biol. Biochem. Vol. 21, No.7 :943-946.
- Γαβαλάς, Ν.Α., 1978. Η Ανόργανος Θρέψις και η Λίπανσις της Ελαίας. Μπεν. Φυτ. Ινστ. Αθήνα.
- Γιάσογλου, Ν., Χ.Δ. Τσαντήλας, Κ. Κοσμάς, 1991. Διερεύνηση Εδαφικών Παραμέτρων που Προκαλούν Ανεπάρκεια Βορίου στα Ελαιόδενδρα και Ανάπτυξη μεθόδων Αντιμετώπισής της υπό τις Ελληνικές Εδαφικές και Κλιματικές Συνθήκες. Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Αθήνα.
- Gestring, W.D., and P.N. Soltanpour. 1987. Comparison of Soil Tests for Assessing Boron Toxicity to Alfalfa. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:1214-1219.
- Goldberg, S., and R.A. Glaubig. 1985. Boron Adsorption on Aluminum and Iron Oxide Minerals. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 1374-1379.
- Goldberg, S., and R.A. Glaubig. 1986. Boron Adsorption and Silicon Release by the Clay Minerals Kaolinite, Montmorillonite, and Illite. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:1442-1448.
- Goldberg, S., and R.A. Glaubig. 1986. Boron Adsorption on Carolina Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:1173-1176.
- Goldberg, S., and R.A. Glaubig. 1988. Boron and Silicon Adsorption on an Aluminum Oxide. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:87-91.
- Graham, E.R. 1957. The Weathering of Some Boron-Bearing Minerals. Soil Sci. Soc. Am. Proc. :505-508.

- Graham, R.D., R.M. Welch, D.L. Grunes, E.E. Cary, W.A. Norvel. 1987. Effect of Zinc Deficiency on the Accumulation of Boron and Other Mineral Nutrients in Barley. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:652-657.
- Gupta, U.C. 1979. Boron Nutrition of Crops. Adv. Agron. 31:273-307.
- Gupta, U.C. 1968. Relationship of Total and Hot-Water Soluble Boron, and Fixation of Added Boron, to Properties of Podzol Soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Vol. 32:45-47.
- Gupta, U.C., Y.W. Jame., C.A. Cambell, A.J. Leyshon, and W. Nicholaichuk. 1985. Boron Toxicity and Deficiency. A Review. Can. J. Soil Sci. 65:381-409.
- Gupta, U.C., and J.A. MacLeod. 1981. Plant and Soil Boron as Influenced by Soil pH and Calcium Sources on Podzol Soils. Soil Sci. Vol. 131, No. 1:20-25.
- Gupta, U.C. 1972. Interaction effects of Boron and Lime on Barley. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Vol. 36:332-334.
- Gupta, U.C., and J.A. MacLeod. 1977. Influence of Calcium and Magnesium Sources on Boron Uptake and Yield of Alfalfa and Rutabagas as Related to Soil pH. Soil Sci. Vol. 124, No 5 : 279-284.
- Gupta, U.C., and J.A. Cutcliffe. 1971. Determination of Optimum Levels of Boron in Rutabaga Leaf Tissue and Soil. Soil Sci. Vol. 111, No. 6:382-385.
- Gupta, U.C., and J.A. Cuctliffe. 1984. Effects of Applied and Residual Boron on the Nutrition of Cabbage and Field Beans. Can. J. Soil Sci. 64:571-576.
- Gupta, U.C. 1967. A Simplified Method for Determining Hot-Water Soluble Boron in Podzol Soils. Soil Sci. Vol. 106: 424-428.
- Gupta, U.C. 1979. Some Factors Affecting the Determination of Hot-Water-Soluble Boron from Podzol Soils using Azomethine-H. Can. J. Soil Sci. 59:241-247.
- Gupta, U.C., J.D.E. Sterling, and H.G. Nass. 1973. Influence of Various Rates of Compost and Nitrogen on the Boron Toxicity Symptoms in Barley and Wheat. Can. J. Plant Sci. 53: 451-456.
- Hadas, A., and J. Hagin. 1972. Boron Adsorption by Soils as Influenced by Potassium. Soil Sci. Vol. 113, No.3:189-193.
- Hatcher, J.T., and C.A. Bower. 1958. Equilibria and Dynamics of Boron Adsorption by Soils. Soil Sci. 22:319-323.

- Boron by Soils as Influenced by Hydroxyaluminum and Surface Area. *Soil Sci.* 104:422-426.
- Hingston, F.J. 1964. Reactions Between Boron and Clays. *Aust. J. Soil Res.* 2:83-95.
- Hobbs, J.A., and B.R. Bertramson. 1949. Boron Uptake by Plants as Influenced by Soil Moisture. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* :257-261.
- Hodges, S.C., and L.W. Zelancy. 1980. Determination of Noncrystalline Soil Components by Weight Difference After Selective Disso-lution. *Clays and Clay Minerals*, Vol. 28, No. 1:35-42
- Hue, N., N. Hirunburana, and R. Fox. 1988. Boron Status of Hawaiian Soils as Measured by B Sorption and Plant Uptake. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.*, 19(5), 517-528.
- Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roslin. 1981. Boron Content in the Rape Plant During Growth. No. 146. pp. 129-133.
- Iyenger, S.S., D.C. Martens, and W.P. Miller. 1981. Distribution and Plant Availability of Soil Zinc Fractions. *Soil Sci. Am. J.* 45:735-739.
- Jackson, M.L. 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Jeffrey, A.J., and L.E. McCallum. 1988. Investigation of a Hot 0.01 M CaCl<sub>2</sub> Soil Boron Extraction Procedure Followed by ICP-AES Analysis. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.*, 19(6), 663-673.
- Jin, J., D.C. Martens, and L.W. Zelancy. 1987. Distribution and Plant Availability of Soil Boron Fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:1228-1231.
- Kabata-Pendias, A., and H. Pendias. 1984. *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC, Press, Inc., Florida, USA.
- Kallianou, Ch. S., and N.J. Yassoglou. 1985. Analytical and Physical Characteristics of Humic Substances in Relation to Vegetation on Three Alfisols in Greece. *Geoderma*, 36:293-305.
- Kenneth, K. and R. Pizer. 1969. Temperature-Jump Study of the Rate and Mechanism of the Boric Acid-Tartaric Acid Complexation. *Journal of the America Chemical Society* /91:2/ 317-322.
- Keren, R. and R.G. Gast. 1981. Effects of Wetting and Drying, and of Exchangeable Cations, on Boron Adsorption and Release by Montmorillonite. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:478-482.



- Keren, R., R.G. Gast, and B. Bar-Yosef. 1981. pH Dependent Boron Adsorption by Na-Montmorillonite. Soil Sci. Soc. Am. J. 45:45-48
- Keren, R., and U. Mezuman. 1981. Boron Adsorption by Clay Minerals Using a Phenomenological Equation. Clays and Clay Minerals. Vol. 29, No. 3, 198-204.
- Keren, R., and R.G. Gast. 1983. pH Dependent Boron Adsorption by Montmorillonite Hydroxy-Aluminum Complexes. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:1116-1121.
- Keren, R., F.T. Bingham, and J.D. Rhoades. 1984. Plant Uptake as Affected by Boron Distribution Between Liquid and Solid Phases in Soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:297-302.
- Keren, R., and G.A. O'Connor. 1982. Effect of Exchangeable Ions and Ionic Strength on Boron Adsorption by Montmorillonite and Illite. Clays and Clay Minerals, Vol. 30. No. 5, 341-346.
- Kosmas, C.S., D.P. Franzmeier, and D.G. Schulze. 1986. Relationship Among Derivative Spectroscopy, Color, Crystallite Dimensions, and Al Substitution of Synthetic Goethites and Hematites. Clays and Clay Minerals, Vol. 34, No. 6, 625-634.
- Kosmas, C.S. 1984. Visible Spectra and Color of Synthetic Al-Substituted Goethites and Hematites. Ph. D. Thesis. Purdue University. USA.
- Krauskopf, K.B. 1972. Geochemistry of Micronutrients. In J.J. Mortvedt, M. Giordano, and W.L. Lindsay (ed.) Micronutrients in Agriculture, SSSA, Mad. Wisc. USA.
- Kustin, K., and R. Pizer. 1969. J. Am. Chem. Soc. 79:2 317-322.
- Lindsay, W.L. 1973. Inorganic Phase Equilibria of Micronutrients in Soils. In J.J. Mortvedt, M. Giordano, and W.L. Lindsay (ed.) Micronutrients in Agriculture. SSSA, Mad. Wisc. USA.
- Mahler, R.L., D.V. Naylor, and M.K. Fredrickson. 1984. Hot Water Extraction of Boron from Soils Using Sealed Plastic Pouches. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 15(5), 479-492.
- Martens, D.C. 1968. Plant Availability of Extracted Boron, Copper, and Zinc as Related to Selected Soil Properties. S. Sc. Vol. 106, No. 1:23-28.
- Mattigod, S.V. 1982. A Method for Estimating the Standard Free Energy of Formation of Borate Minerals. Soil Sci.

- Am. J. 47:654-655.
- Mattigod, S.V., J.A. Frampton, and C.H. Lim. 1985. Effect of Ion-Pair Formation on Boron Adsorption by Kaolinite. *Clays and Clay Minerals*. Vol. 33. No 5. 433-437.  
20:87-104.
- McLaren, R.G., and D.V. Crawford. 1973. Studies on Soil Copper: I. The Fractionation of Copper in Soils. *J. Soil Sci.* 24:172-181.
- McLean, E. 1982. Soil pH and Lime Requirement. In A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Kenney (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2, No 9, Agronomy*. ASA, SSSA. Mad. Wisc. USA.
- McPhail, M., A.L. Page, and F.T. Bingham. 1972. Adsorption Interactions of Monosilicic and Boric Acid on Hydrous Oxides of Iron and Aluminum. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Vol. 36:510-514.
- Mengel, K., and E.A. Kirkby. 1982. Principles of Plant Nutrition. *Int. Potash Inst. Switz.* pp .533-543.
- Mezuman, U., and R. Keren. 1981. Boron Adsorption by Soils Using a Phenomenological Adsorption Equation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:722-726.
- Midgley, A.R., and D.E. Dunklee. 1939. The Effect of Lime on the Fixation of Borates in Soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 4:302-306.
- Mortensen, J.L., D.M. Anderson, and J.L. White. 1965. Infrared Spectrometry. In C.A. Black (ed.) *Methods of Soil Analysis. Agronomy 9. Part 1*. ASA. Mad. Wisc. USA.
- Μουστακάς, Ν. 1990. Σχέσεις Μορφολογικών και Φυσικοχημικών Ιδιοτήτων των Εδαφών της Τάξεως των Vertisols στις Ελλαδικές Συνθήκες. Διδακτορική Διατριβή Υποβληθείσα στο Γεωργικό Παν/μιο Αθηνών.
- Murphy, L.S., L.M. Walsh. 1973. Correction of Micronutrients Deficiencies with Fertilizers. In J.J. Mortvedt, P.G. Giordano, W.L. Lindsay (ed.) *Micronutrients in Agriculture*. SSSA. Mad. Wisc. USA.
- Μπαρμπαγιάννης, Ν., Κ. Σούλιου, Σπ. Σακελλαριάδης. 1990. Το Εκχυλιζόμενο με Ζέον 0.01 Μ CaCl<sub>2</sub>B σαν Δείκτης Αφομοιωσίμου Β και η Επίδραση της Μεταβολής του pH στην Πρόσληψή του σε Δύο Ερυθρά Μεσογειακά Εδάφη. Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου Ελλ. Εδαφ. Εταιρ. 299-310. Θεσ/νίκη.

- Neilsen, G.H., J. Yorston, W. VanLierop, and P.B. Hoyt. 1985. Relationships Between Leaf and Soil Boron and Boron Toxicity of Peaches in British Columbia. *Can. J. Soil Sci.* 65:213-217.
- Nelson, D.W., and L.E. Sommers. 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In A.L. Page (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2, 2nd ed. Chemical and Microbiological Properties.* Agronomy 9. ASA, SSSA, Mad. Wisc. USA.
- Oades, J. 1967. Carbohydrates in Some Australian Soils. *Aust. J. Soil Res.* 5, 103-105.
- Odom, J. 1980. Kinetics of the Hot Water Soluble Boron Soil Test. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.*, 11(7), 759-765.
- Okazaki, E., and T.T. Chao. 1968. Boron Adsorption and Desorption by Some Hawaiian Soils. *Soil Sci.* 105:255-259.
- Oliver, S., and S.A. Barber. 1966. Mechanisms for the Movement of Mn, Fe, B, Cu, Zn, Al and Sr from one Soil to the Surface of Soybean Roots (*Glycine max.*). *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30:468-470.
- Olson, R.V., and K.C. Berger. 1946. Boron Fixation as Influenced by pH, Organic Matter Content, and Other Factors. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 11:216-220.
- Olson, R.V., and E.J. Roscoe. 1982. Iron. In A.L. Page (ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties.* ASA, SSSA, Agronomy, 9:301-312.
- Page, N.R., and W.R. Paden. 1954. Boron Supplying Power of Several Carolina Soils. *Soil Sci.* 77:427-434.
- Parks, R.Q. 1944. The Fixation of Added Boron by Dunkirk Fine Sandy Loam. *Soil Sci.* 1944.:405-410.
- Parks, W.L., and J.L. White. 1952. Boron Retention by Clay and Humus Systems Saturated with Various Cations. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 16:298-300.
- Peterson, L.A., and R.C. Newman. 1976. Influence of Soil pH on the Availability of Added Boron. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 40:280-282.
- Ponnamperuma, F.N., M.T. Cayton, and R.S. Lantin. 1981. Dilute Hydrochloric Acid as an Extractant for Available Zinc, Copper and Boron in Rice Soils. *Plant and Soil* 61,297-310.
- Pons, A., P. Roca, C. Aguilo, F.J. Garcia, M. Alemany and A. Palou. 1981. A Method for the Simultaneous Determination of Total Carbohydrate and Glycerol in Biological Samples with

- the Anthrone Reagent. *J. Biol. Bioph. M.*, 4, 227-231.
- Prasad, B., and M.K. Sinha. 1980. Physical and Chemical Characterization of Soil and Poultry Litter Humic and Fulvic Metal Complexes. *Plant and Soil* 54:223-232.
- Prasad, M. 1978. Extent of Boron Adsorption and its Relationship to Soil Properties in Some West Indian Soils. *Commun. in Soil Sci. and Plant Anal.*, 9(3), 203-214.
- Razaratnam, J.A. 1972. Boron Adsorption by Some Malaysian Soils. *Mal. Agric. Res.* 1, pp 98-102.
- Reeve, W., and J.W. Shive. 1944. K-B and Ca-B Relationship in Plant Nutrition. *Soil Sci.* 57:1-14.
- Reisenauer, H.M., L.M. Walsh., and R.G. Hoefl. 1973. Testing for Sulflur, Boron, Molybdenum, and Chlorine. In L.M. Walsh and J.B. Beaton (ed.) *Soil Testing and Plant Analysis*. SSSA, Mad. Wisc. USA. pp.182-187.
- Rhoades, J.D., R.D. Ingvalson, and J.T. Hatcher. 1970. Adsorption of Boron by Ferromagnesian Minerals and Magnesium Hydroxide. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34:938-941.
- Schnitzer, M. 1982. Organic Matter Characterization. In A.L. Page (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, 2nd ed. Agronomy, 9. ASA, SSSA. Mad. Wisc. USA.
- Schnitzer, M., and S.U. Khan. 1978. *Soil Organic Matter*. Elsevier Sci. Pumb. Comp. Amsterdam. The Netherlands.
- Schnitzer, M., and S.I. Skinner. 1965. Organometallic Interactions in Soils: 4. Carboxyl and Hydroxyl Groups in Organic Matter and Metal Retention. *Soil Sci.*: 278-285.
- Schulze, D.G. 1982. The Identification of Iron Oxides by Differential X-Ray Diffraction and Influence of Aluminum Substitution on the Structure of Goethite. Ph.D. Thesis. Lehrstuhl für Bodenkunde der Technischen Universität München.
- Schwertman, U., and R.M. Taylor. 1977. Iron Oxides. In R.C. Dinauer (ed.), *Minerals in Soil Environment*. pp. 145-180. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Shorrocks, V.M., M.A., D.Phil, M.I. Biol. 1989. Boron Deficiency. Its Prevention and Cure. Borax Consol. Ltd. England.
- Sims, J.R., and F.T. Bingham. 1967. Retention of Boron by Layer Silicates, Sesquioxides, and Soil Materials: I. Layer Silicates. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* Vol. 31:728-731.

- Sims, J.R., and F.T. Bingham. 1968a. Retention of Boron by Layer Silicates, Sesquioxides, and Soil Materials: II. Sesquioxides. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Vol. 32:364-368.
- Sims, J.R., and F.T. Bingham. 1968b. Retention of Boron by Layer Silicates, Sesquioxides, and Soil Materials: III. Iron and Aluminum-Coated Layer Silicates and Soil Materials. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Vol. 32:369-373.
- Singh, S.S. 1964. Boron Adsorption Equilibrium in Soils. Soil Sci. 98: 383-387.
- Smith, G.S., C.J. Asher, and C.J. Clark. 1987. Kiwifruit Nutrition. Agpress Commun. Ltd. New Zealand.
- Sparks, D.L., 1986. Soil Physical Chemistry. CRC Press, Inc. Florida. pp.306.
- Sposito, G., 1980. Derivation of the Freundlich Equation for Ion Exchange Reactions in Soils. Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 44:652-654.
- Stevenson, F.J. 1982. Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reactions. John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Stinson, C.H. 1952. Relation of Water-Soluble Boron in Illinois Soils to Boron Content of Alfalfa. Soil Sci.: 31-36.
- Stoyanov, D. 1985. Boron Fertilisation. Pochvoznanie, Agrokhimiya i Rastitelnaja Zashchita. Vol. XX no.1 pp.82-88
- Tahtinen, H. 1974. The Effect of Boron Fertilisation on Springs Cereals. J. Sci. Agr. Soc. of Finland. Vol. 3:289-295.
- Thomas, G.V. 1982. Exchangeable Cations. In A.L. Page (ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Soil and Microbiological Properties. ASA, SSSA. Agronomy, 9:159-165.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, and J.D. Beaton. 1985. Soil Fertility and Fertilisers. 4th Ed. McMillan Comp. New York, London.
- Treatwell, F.P. 1952. Analytical Chemistry. 9<sup>th</sup> Ed. John Wiley and Sons.
- Τσαντήλας, Χ. Δ., 1988. Σχέσεις Μορφών Βορίου και Εδαφικών Ιδιοτήτων σε Εδάφη του Νομού Μαγνησίας. Μεταπτυχιακή Διατριβή (M.Sc.). Ανωτάτη Γεωπονική Σχολή Αθηνών. Αθήνα.
- U.S.D.A. 1985. Keys to Soil Taxonomy. Techn. Mon. No 6. pp.244.

- Wear, J.I., and R.M. Patterson. 1962. Effect of Soil pH and Texture on the Availability of Water-Soluble Boron in the Soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 26:344-435.
- Wikner, B., and L. Uppstrom. 1980. Determination of Boron in Plants and Soils with a Rapid Modification of the Curcumin Method Utilizing Different 1,3-Diols to Eliminate Interferences. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 11(1), 105-126.
- Wikner, B. 1986. Pretreatment of Plant and Soil Samples. A Problem in Boron Analysis. Part 2: Soils. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.*, 17(7), 697-714.
- Woodruff, J.R. 1979. Soil Boron and Soybean Leaf Boron in Relation to Soybean Yield. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.*, 10(6), 941-952.
- Yermiyaho, U., R. Keren, and Y. Chen. 1988. Boron Sorption on Composted Organic Matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52: 1309-1313.
- Χουλιάρης, Ν., Χ.Δ. Τσαντήλας και Ε.Μαυρομάτης. 1990. Συσσωρευση Βορίου στα Θερμοκήπια. Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου Ελλην.Εδαφ.Εταιρ. 369-374. Θεσ/νίκη.
- Ζάκος, Δ.Γ., Ν.Α. Γαβαλάς και Κ.Δ. Χολέβας. 1973. Εσωτερική Φέλωση των Ραγών ως Σύμπτωμα Τροφοπενίας Βορίου εις την 'Αμπελον. *Χρον. Μπεν. Φυτοπ. Ινστ.*, Ν.Σ., 10:307-309.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Επεξήγηση Συμβολισμών

- pH: pH εδαφικού αιωρήματος σε αναλογία εδάφους προς νερό 1:1.  
OM: Ποσοστό οργανικής ουσίας (g/Kg εδάφους) ή (g/100 g εδ.).  
Feo, A1o: Σίδηρος και αργίλιο αντίστοιχα, εκχυλιζόμενα με διάλυμα οξαλικού αμμωνίου υπό σκότος (g/Kg εδ.).  
Fed, A1d: Σίδηρος και αργίλιο αντίστοιχα, εκχυλιζόμενα με διθειονικό νάτριο (g/Kg εδ.).  
SS: Ολική Ειδική Επιφάνεια (m<sup>2</sup>/g εδάφους)  
Mno: Μαγγάνιο εκχυλιζόμενο με διάλυμα υδροχλωριούχου υδροξυλαμίνης (μg/g εδ.).  
CaCO<sub>3</sub>: Ισοδύναμο ανθρακικό ασβέστιο (g/100 g εδ.).  
Sand, Silt, Clay: Ποσοστά άμμου, ιλύος και αργίλλου αντίστοιχα (g/100 g εδ.).  
Naex, Kex, Caex, Mhex: Νάτριο, Κάλιο, Ασβέστιο και Μαγνήσιο αντίστοιχα, εκχυλιζόμενα με διάλυμα 1N NH<sub>4</sub>OAc, pH 7.0 (meq/100 g εδ.).  
CEC: Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, 1N NaOAc, pH 8.2 (meq/100 g εδ.).  
BS: Βαθμός κορεσμού με βασικά κατιόντα (%).  
HwsB: Hot water soluble Boron, Βόριο εκχυλιζόμενο με ζέον ύδωρ.  
HC1B ή HC1-B: Βόριο εκχυλιζόμενο με διάλυμα 0.05 N HCl.  
CwsB: Βόριο εκχυλιζόμενο με ψυχρό ύδωρ (μg/g εδ.).  
NsaB: Βόριο μη ειδικά προσροφημένο (μg/g εδ.).  
SaB: Βόριο προσροφημένο με ειδικό τρόπο (μg/g εδ.).  
MnoB ή Mno-B ή HNB: Βόριο συνδεόμενο με τα οξειδία του μαγγανίου (μg/g εδ.).  
FeoB ή Feo-B: Βόριο συνδεόμενο με τα άμορφα οξειδία του σιδήρου (μg/g εδ.).  
ResB: Βόριο που προκύπτει από την ποσότητα ολικού Βορίου αν από αυτή αφαιρεθούν όλα τα κλάσματα Βορίου (μg/g εδ.).  
TotB: Ολικό Βόριο, σύντηξη με Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (μg/g εδ.).  
CaCl<sub>2</sub>B ή CaCl<sub>2</sub>-B: Βόριο εκχυλιζόμενο με διάλυμα 0.01 M CaCl<sub>2</sub> (μg/g εδ.).  
ManB ή Man-B: Βόριο εκχυλιζόμενο με διάλυμα 0.01 M μαννιτόλης (μg/g εδ.).  
AmoxB ή Amox-B: Βόριο εκχυλιζόμενο με διάλυμα οξαλικού αμμωνίου υπό σκότος (μg/g εδ.).  
BTO ή BO1in: Συγκέντρωση Βορίου στα φύλλα της ελιάς (μg/g ξ.ο.).  
BBar1: Συγκέντρωση Βορίου στα φύλλα της κριθής (μg/g ξ.ο.).  
SB: Προσροφούμενο Βόριο (μg/g).  
KFr: Σταθερά K του μοντέλου προσρόφησης του Freundlich.  
NFr: Σταθερά N(=1/n), του μοντέλου προσρόφησης του Freundlich.  
WsC: Υδατάνθρακες εκχυλιζόμενοι με βρασμό του εδάφους σε ύδωρ επί 10' και προσδιοριζόμενοι στη συνέχεια με τη μέθοδο της anthrone (μg/g εδ.).

Feo/Fet: Λόγος αμόρφου προς ολικό σίδηρο στα συνθετικά οξειδία του σιδήρου.

a, b, c: Διαστάσεις στοιχειώδους κυψελίδας των κρυστάλλων των συνθετικών οξειδίων του σιδήρου, (Å).

MCD020, MCD110, MCD021, MCD104: Μέσες κρυσταλλικές διαστάσεις των συνθετικών οξειδίων του σιδήρου επί των αντιστοίχων κατευθύνσεων, (Å).

FODA: Μέση κρυσταλλική διάσταση των συνθετικών οξειδίων του σιδήρου, μετρημένη με την τεχνική της Fiber-Optic Anemometry, (Å).

$\nu$ -OH: Θέση των ζωνών απορρόφησης των δονήσεων τάσεως των OH των γκαϊτιτών, ( $\text{cm}^{-1}$ ).

$\delta$ -OH,  $\gamma$ -OH: Θέση των ζωνών απορρόφησης των δονήσεων κάμψεως των OH των γκαϊτιτών, ( $\text{cm}^{-1}$ ).

Amplitude: Εύρος 2ης παραγώγου της θέσης της ζώνης απορρόφησης.

Peak<sub>1</sub>, Peak<sub>2</sub>, Peak<sub>3</sub>: Θέσεις των ζωνών απορρόφησης των αιματιτών ( $\text{cm}^{-1}$ ).



Πίν. 7. Ιδιότητες Μελετηθέντων Εδαφών Περιοχής Μυτιλήνης  
 file MYT 11/ 5/91

row	HwsB	HCLIB	pH	OM	Feo	Alo	Fed	Ald	SS	Mno	CaCO3	Sand	Silt	Clay
1	0.24	0.21	5.6	34.2	0.5	0.89	8.8	0.82	7	107	0.00	64	13	23
2	0.14	0.17	6.2	16.8	1.0	0.86	4.3	0.63	94	390	0.00			
3	0.28	0.23	5.5	28.5	1.0	0.55	10.6	0.92	14	216	0.00	51	32	17
4	0.22	0.25	7.3	45.2	0.8	1.27	12.6	0.76	19	558	9.66	37	39	24
5	0.11	0.19	7.4	20.8	0.5	0.86	11.7	0.92	20	475	15.12	60	15	25
6	0.20	0.07	5.5	19.1	0.6	0.60	12.6	1.21	10	261	0.00	30	53	17
7	0.29	0.25	7.4	39.6	0.8	1.58	15.2	0.95	27	302	6.72	39	38	23
8	0.23	0.17	7.2	13.8	1.0	0.39	3.4	0.32	7	223	1.68	56	32	12
9	0.17	0.21	7.7	8.0	0.8	0.39	6.5	0.51	9	285	1.68	55	33	12
10	0.12	0.34	6.2	15.8	0.8	0.39	7.9	0.70	24	356	0.00	51	34	15
11	0.08	0.12	5.9	17.4	0.8	0.39	8.7	0.70	26	456	0.00	60	19	21
12	0.67	0.15	5.9	56.3	1.0	0.86	11.1	1.33	24	65	0.00	60	22	18
13	0.37	0.52	6.7	21.1	1.1	0.39	7.4	0.51	40	500	0.00	44	30	26
14	0.16	0.21	7.0	11.4	0.6	0.39	10.1	0.51	51	541	0.00	47	27	26
15	0.48	0.55	6.2	30.2	0.5	0.34	2.5	0.25	35	61	0.00	74	8	18
16	0.33	0.23	6.0	17.4	0.5	0.34	2.1	0.19	27	82	0.00	74	14	12
17	0.21	0.25	6.0	7.4	0.8	0.34	1.6	0.22	30	86	0.00			
18	0.13	0.18	6.2	3.0	0.8	0.45	3.1	0.25	64	165	0.00			
19	0.32	0.45	6.6	10.7	0.7	0.39	2.1	0.19	50	178	0.00			
20	0.19	0.26	6.8	5.4	0.8	0.45	3.4	0.25	60	267	0.00			
21	0.33	0.46	6.1	32.5	1.2	0.55	3.8	0.38	57	500	0.00			
22	0.19	0.28	6.4	15.8	0.7	0.60	2.1	0.38	79	301	0.00			
23	0.41	0.47	6.3	14.1	0.7	0.34	2.1	0.22	44	248	0.00	67	15	18
24	0.62	0.36	6.3	4.0	0.7	0.58	2.0	0.19	75	386	0.00	47	28	25
25	0.18	0.40	6.0	10.4	0.7	0.50	1.8	0.19	16	197	0.00			
26	0.15	0.21	6.4	2.3	0.5	0.34	1.8	0.19	47	123	0.00			
27	0.31	0.17	5.2	10.4	1.1	0.50	4.0	0.51	26	161	0.00			
28	0.40	0.13	4.9	5.0	1.5	0.86	6.1	0.92	22	186	0.00			
29	0.40	0.26	5.1	42.9	1.7	0.91	12.3	0.95	21	40	0.00	69	17	14
30	0.16	0.11	5.2	17.4	2.1	0.91	7.9	0.95	34	288	0.00	60	17	23
31	0.23	0.16	4.6	31.2	1.3	0.75	12.5	1.33	17	20	0.00			
32	0.45	0.71	6.8	33.9	0.8	0.55	10.8	0.95	63	381	0.00	62	16	22
33	0.21	0.26	6.2	10.7	1.3	0.60	4.0	0.44	85	153	0.00	60	16	24
34	0.12	0.18	6.1	6.0	1.0	0.55	3.8	0.32	85	182	0.00	63	15	22
35	0.19	0.27	5.9	8.7	1.0	0.55	6.1	0.57	58	271	0.00	60	16	24
36	0.12	0.20	6.0	6.0	1.4	0.75	10.1	0.63	80	361	0.00			
37	0.42	0.46	6.4	17.4	1.1	0.70	9.6	0.57	84	327	0.00			
38	0.41	0.49	6.5	11.4	0.7	0.65	9.0	0.32	85	219	0.00			
39	0.57	0.47	6.3	34.9	0.9	1.17	5.0	0.44	159	136	0.00	36	17	46
40	0.51	0.46	6.4	41.6	1.2	0.70	6.7	0.44	26	290	0.00			
41	0.44	0.23	6.4	25.8	0.4	0.86	2.9	0.25	196	390	0.00	33	14	53
42	0.33	0.16	7.4	21.8	0.5	0.70	11.2	0.32	113	101	8.80	28	23	49
43	0.88	0.92	5.8	43.9	1.0	0.65	13.7	1.21	25	29	0.00			
44	0.47	0.26	7.3	29.9	0.4	0.81	2.1	0.44	147	134	2.10			
45	0.24	0.35	7.3	14.1	0.7	1.06	1.8	0.19	214	157	1.30			
46	0.41	0.65	7.1	13.4	0.7	0.75	3.8	0.32	201	198	1.30	35	16	49
47	0.62	0.69	6.3	47.6	0.6	0.70	10.3	0.70	15	276	0.00	60	23	17
48	0.21	0.08	7.6	30.5	1.0	0.60	14.6	0.81	28	360	2.90	41	33	26
49	0.13	0.17	6.8	2.3	1.1	0.55	13.8	0.82	11	243	0.00			
50	0.35	0.22	7.3	33.5	0.5	0.55	15.2	0.70	52	259	0.00			
51	0.32	0.37	6.5	6.4	1.3	0.58	15.2	1.21	10	280	0.00	58	25	17
52	0.63	0.55	6.0	3.7	1.0	0.60	17.3	0.89	12	287	0.00	57	22	21
53	0.69	0.90	6.8	40.9	0.8	0.65	11.4	0.44	50	343	0.00			

row	CHAR	Naex	Kex	Caex	Mgex	CEC	BS
1	SCL	0.15	0.38	3.63	1.03	7.38	70
2		0.18	0.76	12.18	4.33	18.05	96
3	SL/L	0.10	0.28	5.15	0.75	8.65	73
4	L	0.15	0.37	23.95	1.04	13.30	100
5	SCL	0.15	0.29	24.43	0.45	0.40	100
6	SiL	0.13	0.24	3.10	0.69	6.20	67
7	L	0.15	0.27	22.85	0.97	14.20	100
8	SL	0.10	0.25	10.70	0.39	5.30	100
9	SL	0.10	0.25	9.00	0.33	5.50	100
10	L	0.10	0.28	4.63	1.27	7.90	79
11	SCL	0.10	0.28	4.93	0.92	7.73	80
12	SL	0.18	0.35	11.90	0.68	14.75	89
13	L	0.10	0.29	10.25	1.51	12.10	100
14	SCL	0.10	0.27	10.32	1.03	12.05	97
15	SL	0.20	0.56	6.00	2.03	10.65	83
16	SL	0.20	0.45	4.55	2.56	6.80	100
17		0.18	0.44	4.18	2.21	6.70	100
18		0.30	0.43	6.00	7.27	13.10	100
19		0.18	0.54	6.43	5.27	6.20	100
20		0.23	0.37	4.58	9.40	13.00	100
21		0.33	0.80	7.85	1.96	13.80	79
22		0.38	0.75	10.43	7.51	19.25	99
23	SL	0.33	0.50	6.80	2.78	9.93	100
24	SCL	0.38	0.36	11.35	7.51	18.00	100
25		0.13	0.55	5.58	1.45	8.05	96
26		0.13	0.39	4.89	1.18	7.00	94
27		0.13	0.40	2.20	0.66	4.88	69
28		0.14	0.39	1.41	0.53	6.25	39
29	SL	0.16	0.37	5.85	0.79	12.50	57
30	SCL	0.11	0.57	3.36	0.86	8.80	56
31		0.13	0.32	3.30	0.28	8.15	49
32	SCL	0.13	0.54	14.90	3.97	20.15	97
33	SCL	0.19	0.78	12.75	4.30	19.00	95
34	SCL	0.20	0.55	12.15	2.89	17.35	91
35	SCL	0.15	0.45	10.65	3.70	16.05	93
36		0.21	0.49	12.83	5.96	20.00	97
37		0.26	0.57	16.45	5.56	24.30	94
38		0.25	0.43	15.10	5.69	21.68	99
39	C	0.46	0.83	24.88	6.50	43.00	76
40		0.21	0.74	8.25	1.72	12.20	89
41	C	0.26	1.09	36.75	6.75	44.30	100
42	C	0.17	0.63	50.25	2.52	28.90	100
43		0.15	0.39	7.78	1.06	12.25	76
44		0.11	0.62	40.75	2.92	35.80	100
45		0.29	0.43	40.00	4.76	45.45	100
46	C	0.34	0.76	45.25	8.25	51.73	100
47	SL	0.16	0.66	7.00	1.23	11.65	78
48	L	0.11	0.30	21.85	0.75	10.85	100
49		0.11	0.24	2.55	0.66	4.50	79
50		0.15	0.33	18.43	0.31	16.45	100
51	SL	0.22	0.30	4.27	0.92	4.70	100
52	SCL	0.14	0.24	1.93	0.75	4.55	67
53		0.33	0.48	8.98	10.65	17.48	100

Πίν. 8. Ιδιότητες Μελετηθέντων Εδαφών Περιοχής Δομοκού

File TBD

11/ 5/91

Page 1-

row	HwsB	HCLIB	pH	OM	Feo	Alo	Fed	Ald	Mno	SS	CaCO3	Sand	Silt	Clay
1	0.61	0.16	7.6	22.1	1.8	1.48	4.2	0.38	207	340	2.1	21	5	7
2	0.37	0.17	7.6	21.5	1.9	1.42	4.9	0.44	194	210	1.7	18	9	7
3	0.55	0.16	7.6	23.1	1.6	1.37	2.0	0.38	190	306	2.1	20	6	7
4	0.40	0.18	7.8	22.5	1.4	1.27	2.3	0.32	247	304	4.2	20	11	6
5	0.57	0.80	7.3	20.1	1.8	1.58	4.0	0.44	348	279	1.7	21	13	6
6	0.31	0.54	7.6	16.4	2.2	1.42	5.2	0.38	272	228	1.7	20	13	6
7	0.33	0.09	7.2	22.5	2.7	2.40	7.4	1.08	681	311	2.5	24	15	6
8	0.15	0.10	7.5	29.9	2.9	2.50	9.0	0.83	723	266	2.9	22	18	6
9	0.18	0.23	6.6	19.8	2.0	2.04	9.7	1.11	280	270	0.0	19	15	6
10	0.14	0.23	6.3	12.1	2.0	1.99	12.2	1.14	347	271	0.0	17	16	6
11	0.20	0.09	7.5	15.9	1.8	2.20	5.8	0.70	447	309	5.9	24	15	6
12	0.17	0.08	7.5	15.4	1.8	2.35	5.4	0.76	493	298	7.6	23	12	6
13	0.30	0.28	7.4	24.5	1.7	1.80	11.9	0.83	952	211	2.5	30	14	5
14	0.26	0.38	7.4	24.1	1.7	1.68	7.2	0.70	1070	217	2.5	26	15	5

File TBD

11/ 5/91

Πίν. 8 (συνέχεια)

Page 1-

row	CHAR	Naex	Kex	Caex	Mgex	CEC	BS
1	C	0.17	0.64	19.04	83.33	60.8	100
2	C	0.18	0.61	19.03	83.33	64.9	100
3	C	0.20	0.62	22.05	39.99	58.5	100
4	C	0.23	0.63	22.35	44.15	58.2	100
5	C	0.20	0.59	15.64	32.80	53.8	92
6	C	0.33	0.65	12.25	41.73	59.8	92
7	C	0.33	0.79	34.00	27.08	62.4	100
8	C	0.33	0.67	35.50	8.52	63.8	71
9	C	0.30	0.59	23.05	6.49	57.7	53
10	C	0.33	0.58	21.45	7.13	57.2	52
11	C	0.33	0.57	37.63	4.58	64.4	67
12	C	0.35	0.59	39.00	4.79	63.4	71
13	C	0.20	0.95	21.53	3.09	44.7	58
14	C	0.20	0.85	20.10	8.83	44.8	67

Πίν. 9. Ιδιότητες Μελετηθέντων Εδαφών Περιοχής Μεγάρων

file TBMEG 11/ 5/91

Page 1-1

row	HwsB	HCLIB	pH	OM	Feo	Alo	Fed	Ald	Mn	SS	Sand	Silt	Clay
1	0.46	0.4	7.7	27.8	0.5	1.32	5.6	0.38	182	53	40	31	29
2	0.16	0.2	7.9	11.4	0.2	1.11	4.8	0.32	143	47	39	24	37
3	0.54	0.3	7.8	25.5	0.6	0.89	4.1	0.32	277	57	45	30	25
4	0.24	0.3	7.8	8.7	0.4	0.65	7.5	0.32	203	70	47	20	33
5	0.40	0.3	7.7	21.1	0.5	0.91	7.8	0.32	293	59	41	33	26
6	0.12	0.1	7.8	10.1	0.4	0.68	7.9	0.38	283	54	37	29	34
7	0.15	0.2	7.7	17.1	0.4	1.20	8.6	0.38	485	73	35	24	41
8	0.14	0.1	7.8	12.7	0.3	1.17	8.5	0.32	239	73	33	26	41
9	0.24	0.3	7.7	18.1	0.7	0.65	9.3	0.38	241	66	25	41	34
10	0.24	0.3	7.8	12.4	0.5	0.65	8.3	0.38	234	84	19	38	43

file TBMEG 11/ 5/91

Πίν. 9 (συνέχεια)

Page 1-2

row	CHAR	CaCO3	Naex	Kex	Caex	Mgex	CEC	BS
1	CL	55.4	0.24	1.2	44.8	3.31	16.2	100
2	CL	61.3	0.27	0.9	46.5	2.65	10.6	100
3	L	36.1	0.23	1.1	44.5	4.10	13.2	100
4	SCL	55.4	0.27	0.5	42.5	3.44	8.5	100
5	L	36.1	0.28	0.7	45.8	3.64	14.1	100
6	CL	42.8	0.27	0.4	42.5	3.84	12.1	100
7	C	51.2	0.21	0.4	24.9	1.69	16.5	100
8	C	54.6	0.21	0.4	24.9	1.72	14.8	100
9	CL	43.7	0.40	0.7	22.8	2.12	13.8	100
10	C	43.7	0.40	0.5	22.9	2.65	17.8	100

Πίν. 10. Ιδιότητες Μελετηθέντων Εδαφών Περιοχής Νεοχωρίου

le NEOX

11/ 5/91

Page 1-1

row	HwsB	HCLIB	pH	OM	Feo	Alo	Fed	Ald	Mno	Sand	Silt	Clay	CHAR
1	0.61	0.53	7.3	16.8	2.4	0.65	6.7	0.38	475	30	48	22	L
2	0.39	0.45	7.6	6.4	1.3	0.60	6.3	0.51	418	41	39	20	L
3	0.19	0.22	7.8	2.3	0.5	0.45	3.1	0.32	314	66	22	12	SL
4	0.69	0.39	7.2	24.1	1.3	0.65	3.5	0.32	447	32	45	23	L
5	0.14	0.26	7.5	2.0	0.5	0.45	1.6	0.32	150	65	22	13	SL
6	0.44	0.31	7.6	19.5	1.5	0.68	3.5	0.25	130	23	47	30	CL
7	0.67	0.85	8.5	5.0	0.9	0.70	3.3	0.25	343	22	48	30	CL
8	0.84	0.34	7.4	25.5	1.6	0.75	2.0	0.32	441	20	48	32	SiCL
9	0.51	0.50	7.7	4.0	1.0	0.55	6.7	0.51	401	23	46	31	SiCL
10	0.90	0.49	7.6	24.5	2.7	0.86	3.8	0.38	495	19	42	39	SiCL
11	0.35	0.54	7.6	8.4	1.3	0.73	3.5	0.31	414	22	47	31	CL
12	0.59	0.39	7.4	27.2	2.4	0.86	3.2	0.32	376	19	43	38	SiCL
13	0.78	0.47	7.6	10.7	1.5	0.70	7.3	0.89	452	17	49	34	SiCL
14	0.68	0.59	7.8	25.5	1.8	0.68	5.9	0.51	460	9	49	42	SiC
15	1.31	1.08	7.9	13.8	2.1	0.68	7.0	0.57	380	9	45	46	SiC
16	1.39	1.07	8.4	5.7	1.7	0.60	7.7	0.57	389	8	56	36	SiCL
17	2.49	2.32	7.3	31.9	2.4	0.75	5.1	0.51	444	9	49	42	SiC
18	3.56	3.60	7.6	9.7	1.1	0.60	3.9	0.38	411	10	52	38	C
19	0.48	0.13	7.8	23.5	2.4	0.68	5.5	0.51	371	11	42	47	SiC
20	0.55	0.73	7.7	13.4	2.1	0.70	6.0	0.51	431	9	43	48	SiC
21	1.59	1.13	7.8	20.1	3.0	0.70	5.1	0.25	434	9	46	45	SiC
22	1.67	2.00	7.7	11.4	2.2	0.68	6.7	0.38	477	8	46	46	SiC
23	0.44	0.31	7.5	25.5	2.4	0.86	2.2	0.32	378	8	52	40	SiC
24	0.44	0.31	7.8	9.4	1.3	0.75	5.1	0.38	326	11	61	28	SiCL
25	0.81	0.67	7.5	27.8	2.5	0.75	4.2	0.35	341	13	54	33	SiCL
26	0.74	0.77	7.8	9.7	1.3	0.55	5.2	0.32	308	11	60	29	SiCL

row	Naex	Kex	Mgex	Caex	CEC	BS	CaCO3
1	0.68	0.36	0.66	42.38	10.40	100	16.8
2	1.00	0.30	0.53	40.50	8.45	100	20.6
3	0.67	0.24	0.11	37.75	5.10	100	26.9
4	0.13	0.29	0.91	38.00	12.25	100	14.3
5	0.10	0.12	0.65	36.75	5.30	100	27.3
6	0.19	0.45	1.38	43.00	13.00	100	16.0
7	3.62	0.30	2.82	40.25	10.30	100	24.4
8	0.23	0.56	1.23	39.00	15.00	100	14.7
9	0.86	0.28	1.87	43.75	9.95	100	19.7
10	0.28	0.45	2.25	44.00	18.50	100	17.6
11	2.20	0.30	2.38	43.50	13.05	100	22.3
12	0.20	0.49	1.59	43.25	19.40	100	16.0
13	1.08	0.34	1.59	46.25	13.20	100	20.2
14	0.29	0.48	2.91	44.50	28.95	100	23.5
15	1.42	0.36	4.76	41.75	19.50	100	23.5
16	3.72	0.37	4.90	38.50	16.00	100	23.5
17	0.36	0.87	2.38	44.00	19.90	100	19.3
18	0.92	0.58	2.25	46.50	15.15	100	22.2
19	0.53	0.46	2.05	46.75	26.90	100	19.7
20	3.09	0.50	4.90	47.50	29.00	100	22.2
21	0.44	0.48	2.65	47.25	29.28	100	23.1
22	1.50	0.40	3.84	47.75	25.15	100	21.4
23	3.09	0.48	2.38	46.25	16.10	100	20.6
24	3.60	0.33	2.38	44.00	12.40	100	23.1
25	2.74	0.62	2.25	50.00	16.95	100	18.5
26	4.05	0.32	2.25	45.50	10.10	100	55.0

Πίν. 11. Ιδιότητες Μελετηθέντων Εδαφών Περιοχής Αγρινίου

File AGR

11/ 5/91

Page 1-1

row	HwsB	HCLIB	pH	OM	Feo	Alo	Fed	Ald	Mno	Sand	Silt	Clay
1	0.30	0.12	5.4	16.8	2.0	1.11	15.7	2.03	778	37	35	28
2	0.10	0.08	5.6	5.7	2.2	1.11	18.8	2.03	795	38	25	37
3	0.10	0.07	5.7	4.7	2.4	1.17	20.2	2.35	914	30	29	41
4	0.17	0.12	5.4	19.5	2.0	1.14	15.2	1.84	783	31	42	27
5	0.12	0.11	5.5	8.7	2.0	1.06	17.5	2.35	802	31	42	27
6	0.15	0.23	4.5	13.1	2.3	1.04	14.5	2.00	859	36	39	26
7	0.14	0.11	4.7	8.7	2.1	0.96	15.2	1.78	740	34	36	30
8	0.28	0.12	4.8	22.1	2.5	0.91	13.9	1.78	859	38	38	24
9	0.11	0.07	5.3	6.7	2.0	1.01	17.3	1.91	762	37	28	35
10	0.07	0.10	4.5	8.7	1.7	0.65	9.0	0.95	241	52	26	22
11	0.06	0.08	4.7	7.0	1.4	0.63	8.9	0.82	389	56	22	22
12	0.14	0.31	5.0	10.4	1.8	0.65	7.2	0.76	255	60	25	15
13	0.13	0.05	4.8	4.4	1.4	0.65	8.3	0.89	275	54	23	23
14	0.18	0.06	4.0	15.1	1.8	1.17	8.7	1.46	218	50	27	23
15	0.14	0.03	4.5	10.7	2.3	1.01	9.6	1.33	383	54	23	23
16	1.00	0.12	4.4	16.1	1.8	1.30	9.9	1.59	259	50	27	23
17	0.16	0.05	4.7	9.7	1.9	1.01	10.5	1.75	422	49	28	23
18	0.11	0.12	3.9	18.4	1.7	1.17	9.9	1.27	191	50	30	20
19	0.10	0.11	4.2	9.1	1.8	1.17	9.3	1.78	510	50	30	20
20	0.14	0.12	4.4	23.1	1.7	1.01	8.3	1.27	277	51	28	21
21	0.12	0.12	4.1	18.4	1.9	1.17	9.0	1.65	310	48	31	21
22	0.19	0.10	3.8	17.4	1.9	1.32	10.9	1.75	218	52	23	25
23	0.18	0.59	4.5	15.1	1.9	1.22	10.5	1.75	343	45	32	23
24	0.14	0.11	4.2	13.4	2.1	0.75	12.3	1.52	548	43	34	23
25	0.13	0.19	5.0	6.0	1.1	0.65	20.2	2.61	545	46	18	36
26	0.25	0.06	4.4	12.1	1.5	0.73	13.7	1.52	497	41	35	24
27	0.10	0.30	5.3	4.0	1.1	0.86	7.7	2.29	489	34	29	36

row	CHAR	SS	Naex	Kex	Caex	Mgex	CEC	BS
1	L/CL	50	0.14	0.57	4.66	0.62	9.84	61
2	CL	76	0.11	0.33	5.23	1.36	11.70	60
3	C	86	0.13	0.32	6.35	2.29	13.20	69
4	L	55	0.15	0.49	5.23	1.40	10.13	72
5	L	63	0.14	0.34	4.93	1.50	10.63	65
6	L	47	0.14	0.63	3.03	0.83	9.38	49
7	CL	53	0.13	0.34	4.10	1.02	9.75	57
8	L	43	0.11	0.58	1.76	1.66	9.80	42
9	CL	63	0.11	0.34	5.65	1.66	12.95	60
10	SCL		0.10	0.64	4.80	1.04	8.63	76
11	SCL	46	0.12	0.42	4.75	1.04	8.50	74
12	SL	28	0.08	0.50	4.83	0.31	7.00	82
13	SCL	5	0.10	0.35	4.85	1.04	11.12	57
14	SCL	27	0.11	0.56	1.56	0.31	7.30	35
15	SCL	26	0.06	0.41	1.30	0.15	6.38	30
16	SCL	32	0.10	0.45	1.68	0.28	7.51	33
17	SCL	34	0.10	0.38	2.02	0.72	7.13	45
18	L	30	0.12	0.64	1.61	0.31	7.75	34
19	L	31	0.09	0.39	1.88	0.52	7.00	41
20	SCL	30	0.10	0.50	2.14	0.16	7.60	38
21	L	35	0.10	0.69	2.11	0.21	7.75	40
22	SCL	16	0.10	0.55	3.08	0.20	8.13	48
23	L	17	0.09	0.45	2.20	0.42	7.80	41
24	L	25	0.10	0.50	2.55	0.72	7.63	50
25	SC	58	0.12	0.36	6.30	1.46	13.13	63
26	L	25	0.10	0.50	3.08	0.42	8.34	49
27	CL	69	0.12	0.22	5.65	1.82	12.38	63

Πίν. 12. Ιδιότητες Μελετηθέντων Εδαφών Περιοχής Ηπείρου

File TBHP

11/ 5/91

Page 1-1

row	HwsB	HCLIB	pH	OM	Feo	Alo	Fed	Ald	Mno	SS	CaCO3	Sand	Silt	Clay
1	0.24	0.24	7.6	22.8	2.2	1.11	7.5	0.44	234	121	18.9	11	36	53
2	0.23	0.16	7.8	11.7	1.4	1.20	9.3	0.70	592	101	16.4	16	42	42
3	0.12	0.13	7.8	8.0	1.4	1.10	9.0	0.83	643	93	15.5	23	42	35
4	0.28	0.21	7.7	24.1	2.2	1.22	4.8	0.44	157	107	18.5	10	43	47
5	0.28	0.17	7.8	13.1	1.6	1.06	9.8	0.57	239	113	16.0	14	45	41
6	0.24	0.13	7.8	12.7	1.4	1.20	10.1	0.73	543	114	12.6	16	42	42
7	0.35	0.24	7.7	27.2	1.9	1.11	8.8	0.70	350	133	15.1	15	35	50
8	0.13	0.16	7.8	11.2	1.4	0.96	9.4	1.02	380	122	18.1	25	26	49
9	0.10	0.24	7.9	6.4	0.9	0.90	7.8	0.57	243	105	19.3	37	38	25
10	0.10	0.11	6.9	27.8	0.8	1.11	14.6	1.84	293	62	0.0	38	40	22
11	0.09	0.04	7.4	19.6	0.8	1.48	11.9	1.21	263	88	29.4	51	19	30
12	0.11	0.15	6.3	28.5	1.0	1.17	12.6	1.94	259	57	0.0	39	36	25
13	0.02	0.03	7.1	17.4	1.4	2.30	19.1	2.42	371	90	2.5	30	28	42
14	0.25	0.21	7.1	31.5	1.7	2.86	23.0	2.22	884	141	1.3	26	22	52
15	0.26	0.14	7.2	30.2	1.4	2.81	22.3	2.42	791	131	1.7	21	25	54
16	0.29	0.51	7.1	18.1	1.3	1.11	5.7	0.51	345	107	1.3	29	47	24
17	0.15	0.20	7.4	6.7	2.0	2.71	7.2	0.57	326	141	1.3	26	36	38
18	0.27	0.31	7.4	15.1	1.4	1.10	5.2	0.86	330	116	1.7	29	45	26
19	0.20	0.22	7.5	5.0	1.3	1.32	7.5	0.95	318	140	1.3	24	38	38
20	0.20	0.34	7.2	19.8	1.4	1.32	13.1	1.33	893	77	1.7	34	34	32
21	0.14	0.18	7.4	14.4	1.6	1.37	15.6	1.08	940	111	2.1	31	32	37
22	0.31	0.15	7.2	30.2	1.7	1.20	12.2	1.21	791	96	2.1	35	36	29
23	0.15	0.28	7.4	9.7	1.6	1.32	13.3	1.21	986	112	1.7	29	34	37



File TBHP

11/ 5/91

Πίν. 12 (συνέχεια)

Page 1-2

row	CHAR	Naex	Kex	Caex	Mgex	CEC	BS
1	C	0.20	0.46	53.25	0.63	39.50	100
2	SiC	0.23	0.40	52.50	2.08	30.40	100
3	CL	0.20	0.36	46.75	1.04	23.40	100
4	SiC	0.23	0.55	50.25	0.42	33.40	100
5	SiC	0.20	0.40	51.50	1.04	33.00	100
6	SiC	0.20	0.40	51.00	1.77	28.10	100
7	C	0.23	0.50	53.00	0.94	40.98	100
8	C	0.23	0.40	52.50	1.87	25.20	100
9	L	0.20	0.32	46.85	5.20	16.60	100
10	L	0.10	0.31	12.80	0.83	14.90	94
11	SCL	0.15	0.32	43.20	0.21	14.95	100
12	L	0.13	0.31	10.85	0.94	13.38	92
13	C	0.15	0.38	22.83	1.56	26.90	93
14	C	0.18	0.84	33.85	0.78	36.65	100
15	C	0.20	0.65	39.70	0.52	36.30	100
16	L	0.15	0.36	23.53	2.39	27.30	96
17	CL	0.15	0.39	31.20	0.63	32.30	100
18	L	0.15	0.36	31.25	0.63	28.53	100
19	CL	0.15	0.39	31.30	1.46	31.40	100
20	CL	0.15	0.39	22.80	0.42	20.05	100
21	CL	0.13	0.40	25.90	0.31	20.85	100
22	CL	0.13	0.44	22.93	1.56	21.15	100
23	CL	0.13	0.66	20.23	1.35	20.55	100

Πίνακας 12α. Κλασμάτωση Εδαφικού Βορίου.

α/α	Βόριο Εκχυλιζόμενο με: (mg. Kg <sup>-1</sup> )						Ολικό βόριο mg. kg <sup>-1</sup> (TotB)	α/α	Βόριο Εκχυλιζόμενο με: (mg. Kg <sup>-1</sup> )						Ολικό βόριο mg. kg <sup>-1</sup> (TotB)
	Ψυχρό Υδωρ CwsB	0:01M CaCl <sub>2</sub> NsaB	0:01M Mann " CaCl <sub>2</sub> (SaB)	0:1M Acid. NH <sub>2</sub> .OH.HCl (MnoB)	NH <sub>4</sub> - Oxalate (FeoB)				Ψυχρό Υδωρ CwsB	0:01M CaCl <sub>2</sub> NsaB	0:01M Mann " CaCl <sub>2</sub> (SaB)	0:1M ACID. NH <sub>2</sub> .OH.HCl (MnoB)	NH <sub>4</sub> - Oxalate (FeoB)		
	1	2	3	4	5	6			1	2	3	4	5	6	
1	0.03	0.03	0.07	0.72	2.47	48.6	41	0.05	0.04	0.11	0.93	2.48	178.4		
2	0.03	0.01	0.08	0.71	2.52	34.1	42	0.04	<0.01	0.06	0.40	1.58	142.6		
3	0.04	<0.01	0.17	0.65	4.74	53.2	43	0.01	<0.01	0.08	0.03	0.44	81.4		
4	0.01	0.06	0.08	0.45	3.92	36.6	44	0.07	0.01	0.05	0.04	3.56	114.2		
5	0.02	0.02	0.16	1.38	3.10	54.1	45	0.06	<0.01	0.04	0.35	1.80	121.0		
6	0.02	0.01	0.01	1.00	2.40	nd	46	<0.01	<0.01	0.02	0.46	1.18	129.6		
7	0.02	<0.01	0.07	0.22	2.97	54.8	47	0.03	0.02	0.05	0.15	1.19	146.8		
8	0.02	0.02	0.02	0.34	3.16	nd	48	<0.01	0.01	0.01	0.26	0.57	nd		
9	0.01	0.03	0.08	0.39	2.21	nd	49	0.01	<0.01	0.02	0.22	1.23	168.4		
10	0.02	0.01	0.01	0.32	1.95	nd	50	0.04	0.03	0.01	0.70	0.42	159.8		
11	0.02	0.03	0.01	0.08	1.88	nd	51	0.3	<0.01	0.02	0.18	0.69	nd		
12	0.02	0.02	0.10	0.10	2.11	nd	52	0.15	<0.01	0.01	0.15	0.69	nd		
13	0.03	<0.01	0.11	0.42	2.36	nd	53	0.05	<0.01	0.04	0.03	1.02	nd		
14	0.03	<0.01	0.08	0.49	1.52	nd	54	0.15	<0.01	0.06	0.11	1.03	55.2		
15	0.03	0.05	0.15	0.27	4.50	83.4	55	0.05	<0.01	0.03	0.28	1.28	67		
16	0.04	0.02	0.04	0.33	3.53	nd	56	0.06	<0.01	0.08	0.38	0.84	57.4		
17	0.02	0.03	0.02	0.06	2.03	nd	57	0.05	0.02	0.01	0.14	1.11	nd		
18	0.03	0.04	0.19	0.22	4.08	93.8	58	0.02	0.04	0.14	0.50	1.80	26		
19	0.03	0.01	0.08	0.43	1.93	nd	59	0.10	0.02	0.09	<0.01	0.67	46.6		
20	0.06	0.05	0.03	0.34	3.22	nd	60	0.10	<0.01	0.04	0.29	0.85	45.2		
21	0.06	<0.01	0.24	0.37	4.53	79.8	61	0.22	0.04	<0.01	0.61	1.15	nd		
22	<0.01	0.04	0.05	0.42	2.57	nd	62	0.08	<0.01	0.06	0.22	0.52	nd		
23	0.06	<0.01	0.09	0.17	2.65	nd	63	0.04	<0.01	<0.01	0.38	0.36	nd		
24	<0.01	<0.01	0.08	0.19	2.21	nd	64	0.04	0.01	0.01	0.26	0.64	nd		
25	0.02	<0.01	0.01	0.11	2.22	nd	65	0.05	<0.01	<0.01	0.25	2.58	nd		
26	0.02	<0.01	0.02	0.26	1.46	60	66	0.10	<0.01	<0.01	<0.01	0.60	143.6		
27	0.02	<0.01	0.01	0.26	1.71	nd	67	0.02	0.02	0.10	0.34	0.12	62		
28	0.02	<0.01	0.08	0.62	2.52	74.8	68	0.08	<0.01	0.01	0.05	0.94	128.4		
29	0.02	0.02	0.03	0.57	1.58	70.2	69	0.08	<0.01	0.14	0.60	0.98	31.2		
30	0.03	0.01	0.02	0.53	1.79	59.2	70	0.04	0.02	0.02	0.15	0.93	32.2		
31	0.04	<0.01	<0.01	0.29	2.02	nd	71	0.03	<0.01	<0.01	0.24	1.33	nd		
32	<0.01	0.04	0.04	0.53	1.75	70.4	72	0.05	<0.01	0.05	0.07	0.43	40.4		
33	<0.01	0.02	<0.01	0.32	1.06	nd	73	0.04	<0.01	0.08	0.09	0.67	nd		
34	<0.01	0.04	0.05	0.90	1.89	75.2	74	0.04	0.03	0.12	0.36	1.09	63		
35	0.02	0.01	<0.01	0.70	1.48	nd	75	0.06	0.01	0.09	0.51	0.53	nd		
36	0.02	0.01	0.06	0.56	2.27	80	76	0.08	<0.01	0.14	0.27	1.43	34.2		
37	0.03	<0.01	0.01	0.71	1.61	nd	77	0.02	0.03	0.05	0.54	0.96	63.6		
38	0.04	0.01	0.08	0.20	0.59	123	78	0.05	0.01	0.12	0.57	0.85	85.8		
39	0.05	0.01	<0.01	0.09	0.98	nd	79	0.03	<0.01	0.17	0.12	1.60	10.2		
40	0.06	<0.01	0.01	0.32	0.77	98.8	80	0.09	0.03	0.11	0.17	0.94	28.4		
							81	0.14	0.05	0.22	0.48	0.20	71.3		
							82	0.03	<0.01	0.11	0.48	0.86	nd		
							83	0.05	0.02	0.05	0.69	0.99	60.2		

Πιν. 12α, συνέχεια

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
84	0.06	0.02	0.16	0.53	0.79	19.6	121	0.23	0.09	0.29	0.31	2.52	nd
							122	0.24	0.02	0.48	1.26	7.24	nd
							123	0.45	0.01	0.31	1.55	6.84	nd
85	0.04	<0.01	0.18	0.05	1.90	23.5	124	0.61	0.02	0.65	0.50	2.94	nd
							125	1.71	0.01	1.14	0.27	10.83	nd
							126	2.11	0.53	1.52	<0.01	5.80	nd
86	0.04	0.02	0.08	0.15	1.95	nd	127	0.24	<0.01	0.43	0.55	6.62	nd
							128	0.21	0.05	0.31	0.95	5.00	nd
							129	0.45	0.14	0.54	1.20	6.83	nd
87	0.06	<0.01	0.08	0.48	1.22	92.9	130	1.16	0.10	1.14	1.12	6.38	nd
88	0.05	0.01	0.14	0.04	1.92	21.6	131	0.19	<0.01	0.39	0.33	4.97	nd
89	0.30	<0.01	0.17	<0.01	1.52	nd	132	0.10	<0.01	0.44	0.17	1.13	nd
90	0.06	0.03	0.14	0.97	0.58	nd	133	0.36	0.01	0.53	0.44	4.98	nd
91	0.13	<0.01	0.16	0.47	3.06	55	134	0.31	<0.01	0.27	0.51	1.79	nd
92	0.09	0.01	0.05	0.52	2.17	nd	135	0.06	<0.01	0.04	0.34	2.28	73.6
93	0.07	0.06	0.15	0.12	2.48	57	136	0.02	<0.01	0.04	0.17	4.17	nd
94	0.04	0.03	0.23	10.01	2.22	nd	137	0.02	0.02	<0.01	0.03	1.75	nd
95	0.10	0.05	0.12	0.43	4.07	65	138	0.03	<0.01	0.09	<0.01	1.93	77.2
96	0.01	0.04	0.04	0.22	1.82	nd	139	0.05	<0.01	0.11	0.12	0.80	nd
97	0.06	0.02	0.11	0.65	1.88	56.6	140	0.03	<0.01	0.06	0.13	2.46	84.4
98	0.01	0.03	0.12	0.16	1.56	nd	141	0.02	<0.01	0.04	0.17	1.73	nd
99	0.15	0.01	0.27	0.33	1.80	55.6	142	<0.01	<0.01	0.10	0.20	2.90	76.8
100	0.09	0.02	0.13	0.42	2.66	nd	143	0.03	<0.01	0.07	0.18	2.16	nd
101	0.05	0.02	<0.01	<0.01	1.11	69.2	144	0.02	0.01	0.06	0.03	1.92	66.4
102	0.01	<0.01	0.11	0.21	1.87	nd	145	<0.01	0.01	0.05	0.32	1.14	nd
103	0.04	<0.01	0.08	0.07	0.25	56.8	146	0.06	<0.01	<0.01	0.12	2.18	58.9
104	0.03	<0.01	0.02	0.40	1.50	nd	147	0.02	<0.01	0.01	0.17	2.00	nd
105	0.07	0.01	<0.01	0.61	1.51	33.8	148	<0.01	0.04	0.03	0.06	2.03	71.8
106	0.04	<0.01	0.07	0.31	0.78	nd	149	0.02	<0.01	0.01	0.11	0.82	nd
107	0.04	<0.01	0.02	0.12	0.71	26.4	150	0.03	0.04	0.09	0.02	1.82	nd
108	0.01	<0.01	0.24	0.15	0.18	31.8	151	<0.01	0.02	0.10	0.13	1.99	nd
109	0.12	0.02	0.35	0.57	2.86	76.4	152	0.02	<0.01	0.02	0.16	1.88	45.2
110	0.16	<0.01	0.18	0.59	1.27	nd	153	0.01	0.02	0.02	0.27	1.44	nd
111	0.16	<0.01	0.13	0.09	0.86	nd	154	0.04	<0.01	0.07	0.10	0.59	58.6
112	0.13	0.02	0.46	0.32	2.63	nd	155	0.04	<0.01	0.08	0.06	1.21	nd
113	0.06	0.02	0.05	0.09	0.34	nd	156	0.02	<0.01	0.03	0.03	0.68	67
114	0.10	0.02	0.26	0.69	3.83	nd	157	0.03	<0.01	0.07	0.12	1.38	nd
115	0.40	0.03	0.66	0.20	1.95	nd	158	0.03	0.05	0.04	0.16	1.92	56
116	0.10	<0.01	0.30	1.18	3.38	nd	159	0.02	0.01	0.07	0.12	0.66	nd
117	0.24	<0.01	0.22	0.55	1.16	nd	160	0.02	0.02	0.01	0.09	0.86	65.2
118	0.18	<0.01	0.28	0.94	4.36	nd	161	0.02	0.02	<0.01	0.36	0.44	nd
119	0.27	0.01	0.26	0.63	2.12	nd	162	0.02	0.06	0.13	0.40	0.40	95.2
120	0.10	0.01	0.33	0.93	4.87	nd	163	0.02	<0.01	0.11	0.16	1.43	89.2

Σημ: Τα δείγματα προέρχονται: 1-14 από Δομικό Θβιτίδας, 15-37 από περιοχές Ηλείου, 38-90 από Λέσβο, 91-100 από Μέγαρα Αττικής, 101-108 από περιοχές Λάρισας, 109-134 από Νεοχώρι Μεσολογίου, 135-163 από περιοχές Αγρινίου. nd: δεν προσδιορίσθηκε.

Πίν. 15. Βόριο Εκχυλιζόμενο με διάφορα Εκχυλιστικά και  
Περιεκτικότητα σε Βόριο των Φύλλων Ελαιοδένδρων  
που καλλιεργούνται στα αντίστοιχα Εδάφη

File BA

11/ 6/91

Page 1-1

row	AREA	HwsB	HClB	CwsB	CaCl2B	ManB	HHB	AmoxB	BTO
1	Pyrgi Lesvos	0.32	0.21	0.04	0.05	0.13	0.33	0.92	17.78
2	Paleokipos Lesvos	0.36	0.23	0.08	0.06	0.07	0.39	1.16	16.60
3	Skopelos Lesvos	0.30	0.25	0.05	0.09	0.20	1.12	3.60	9.64
4	Skopelos Lesvos	0.19	0.19	0.04	0.05	0.10	0.50	2.08	12.80
5	Keramia Lesvos	0.28	0.07	0.01	0.01	0.09	0.12	0.56	14.50
6	Keramia Lesvos	0.37	0.25	0.07	0.09	0.13	0.16	3.72	15.10
7	Keramia Lesvos	0.31	0.17	0.01	0.01	0.05	0.40	2.20	21.80
8	Keramia Lesvos	0.20	0.34	0.03	0.05	0.14	0.25	1.44	11.24
9	Keramia Lesvos	0.75	0.15	0.02	0.02	0.03	0.25	1.48	25.20
10	Keramia Lesvos	0.56	0.55	0.15	0.16	0.16	0.31	1.00	17.78
11	Ag.Paraskevi Lesvos	0.43	0.23	0.05	0.05	0.09	0.12	1.14	18.10
12	Ag.Paraskevi Lesvos	0.29	0.25	0.04	0.04	0.13	0.21	1.24	20.00
13	Ag.Paraskevi Lesvos	0.40	0.45	0.06	0.06	0.14	0.44	1.28	13.60
14	Ag.Paraskevi Lesvos	0.41	0.46	0.02	0.07	0.21	0.70	2.50	7.63
15	Ag.Paraskevi Lesvos	0.27	0.28	0.10	0.13	0.22	0.21	0.88	8.55
16	Ag.Paraskevi Lesvos	0.49	0.47	0.10	0.10	0.15	0.43	1.28	11.40
17	Kalloni Lesvos	0.48	0.26	0.10	0.09	0.11	0.16	0.76	9.16
18	Kalloni Lesvos	0.31	0.16	0.08	0.05	0.09	0.14	1.08	13.50
19	Kalloni Lesvos	0.53	0.71	0.08	0.03	0.23	0.82	1.80	16.88
20	Petra Lesvos	0.29	0.26	0.04	0.06	0.08	0.23	1.16	15.10
21	Petra Lesvos	0.27	0.27	0.05	0.05	0.10	0.17	0.60	30.20
22	Madamados Lesvos	0.50	0.46	0.04	0.08	0.20	0.57	1.66	42.60
23	Madamados Lesvos	0.65	0.47	0.08	0.06	0.22	0.49	1.92	23.20
24	Madamados Lesvos	0.59	0.46	0.02	0.05	0.11	0.64	1.60	19.42
25	N.Kidonies Lesvos	0.52	0.23	0.05	0.06	0.18	0.75	1.60	28.80
26	N.Kidonies Lesvos	0.41	0.16	0.03	0.04	0.21	0.32	1.92	36.80
27	Pamfilia Lesvos	0.96	0.92	0.09	0.39	0.41	0.58	1.52	13.24
28	Pamfilia Lesvos	0.49	0.65	0.05	0.07	0.12	0.81	1.80	13.30
29	Morias Lesvos	0.70	0.69	0.06	0.08	0.24	0.77	1.56	19.02
30	Morias Lesvos	0.29	0.08	0.04	0.04	0.22	0.27	2.12	24.60
31	Morias Lesvos	0.43	0.22	0.06	0.04	0.15	0.62	1.84	26.20
32	Ag.Ermogenis Lesvos	0.77	0.90	0.06	0.09	0.23	1.20	1.78	36.20
33	Megara Attiki	0.54	0.40	0.13	0.14	0.29	0.76	3.52	25.20
34	Megara Attiki	0.62	0.32	0.07	0.13	0.28	0.40	2.88	23.60
35	Megara Attiki	0.48	0.31	0.10	0.15	0.26	0.69	4.76	21.40
36	Megara Attiki	0.23	0.17	0.06	0.08	0.19	0.84	2.32	14.34
37	Megara Attiki	0.32	0.30	0.15	0.16	0.43	0.76	2.56	16.92
38	Gonni Larissa	0.46	0.31	0.07	0.09	0.08	0.69	2.20	21.40
39	Gonni Larissa	0.25	0.27	0.04	0.05	0.07	0.19	0.90	20.80
40	Prevesa	0.31	0.19	0.05	0.08	0.04	0.29	1.40	29.40
41	Hrissavgi Thesprotia	0.35	0.31	0.01	0.04	0.08	0.57	2.32	33.60
42	Sametia Thesprotia	0.28	0.34	0.01	0.04	0.09	0.99	2.88	34.20
43	Agrinio	0.38	0.12	0.06	0.03	0.10	0.14	2.42	37.20
44	Agrinio	0.15	0.10	0.02	0.03	0.09	0.12	2.04	25.60
45	Agrinio	0.24	0.11	0.03	0.08	0.12	0.28	2.20	28.60
46	Neohori Messologi	0.77	0.39	0.13	0.15	0.61	0.93	3.56	45.20
47	Neohori Messlogi	0.92	0.34	0.10	0.11	0.41	1.58	4.96	41.40
48	Neohori Messologi	0.67	0.39	0.10	0.11	0.44	1.37	6.24	35.00
49	Neohori Messologi	2.57	2.32	1.71	1.72	2.86	3.13	13.96	63.80
50	Neohori Messologi	1.67	1.13	0.45	0.59	1.13	2.33	9.16	63.40
51	Neohori Messologi	0.89	0.67	0.36	0.37	0.91	1.34	6.32	24.00

Πίν. 16. Βόριο Εκχυλιζόμενο με διάφορα Εκχυλιστικά και Περιεκτικότητα σε Βόριο των Φύλλων Κριθής που αναπτύχθηκε στα αντίστοιχα Εδάφη

File AB

11/ 6/91

Page 1-1

row	CN	CwsB	NsaB	SaB	MnoB	FeoB	HwsB	BBarl
1	DT5-1	0.01	0.03	0.08	0.39	2.21	0.26	3.62
2	DT3-1	0.02	0.02	0.16	1.38	3.10	0.65	2.97
3	DT4-1	0.02	0.01	0.07	0.22	2.97	0.41	0.80
4	PT5-1	0.02	0.01	0.02	0.26	1.46	0.19	1.16
5	PT9-1	0.01	0.04	0.04	0.53	1.75	0.35	8.11
6	MT11-1	0.04	0.03	0.01	0.70	0.42	0.45	5.50
7	MT15-1	0.06	0.01	0.08	0.30	0.84	0.40	4.53
8	MT23-1	0.08	0.01	0.14	0.60	0.98	0.53	6.50
9	MT31	0.09	0.03	0.11	0.17	0.94	0.96	4.45
10	GKT1	0.04	0.01	0.07	0.31	0.78	0.46	1.93
11	AT13-2	0.01	0.01	0.24	0.15	0.18	0.18	0.72
12	MET3-1	0.10	0.05	0.12	0.43	4.07	0.48	4.45
13	NT33-1	1.71	0.01	1.14	0.27	10.83	2.57	35.10
14	NT33-2	2.11	0.53	1.52	0.01	5.80	3.64	38.65
15	NT35-1	0.45	0.14	0.54	1.20	6.83	1.67	19.00
16	NT35-2	1.16	0.10	1.14	1.12	6.38	1.75	29.23
17	NT37-1	0.36	0.01	0.53	0.44	4.98	0.89	6.72
18	NT37-2	0.31	0.01	0.27	0.51	1.79	0.82	7.20
19	AT24-1	0.03	0.05	0.04	0.16	1.92	0.24	1.21
20	AT24-2	0.02	0.01	0.07	0.12	0.66	0.21	4.55

Πίν. 17α. Μορφές Εδαφικού Βορίου 50 Εδαφών από διάφορες Περιοχές

File TOBO

11/ 6/91

Page 1-1

row	CNS	AREA	LOCATION	HwsB	HCLB	CwsB	NsaB	SaB	MnoB	FeoB	ResB
1	DT1.1	FTHIOTI	DOMOKOS	0.69	0.16	0.03	0.03	0.07	0.72	2.47	54.79
2	DT1.2	"	"	0.45	0.17	0.03	0.01	0.08	0.71	2.52	55.10
3	DT2.1	"	"	0.63	0.16	0.04	0.01	0.17	0.65	4.74	67.86
4	DT2.2	"	"	0.48	0.18	0.01	0.06	0.08	0.45	3.92	53.70
5	DT3.1	"	"	0.65	0.80	0.02	0.02	0.16	1.38	3.10	53.17
6	DT4.1	"	"	0.41	0.09	0.02	0.01	0.07	0.22	2.97	58.80
7	DT5.1	"	"	0.18	0.23	0.01	0.03	0.08	0.39	2.21	126.10
8	GKT1	LARISSA	GONNOI	0.07	0.31	0.07	0.01	0.07	0.31	0.78	112.70
9	MT1	LESVOS	PYRGI	0.32	0.21	0.04	0.01	0.08	0.20	0.59	132.80
10	MT5.1	"	SKOPELO	0.30	0.25	0.05	0.04	0.11	0.93	2.48	188.00
11	MT6.1	"	"	0.19	0.19	0.04	0.01	0.06	0.40	1.58	167.80
12	MT7.1	"	KERAMIA	0.28	0.07	0.07	0.01	0.08	0.03	0.44	131.50
13	MT8.1	"	"	0.37	0.25	0.07	0.01	0.05	0.04	3.56	127.00
14	MT9.1	"	"	0.31	0.17	0.01	0.01	0.04	0.35	1.80	120.70
15	MT9.2	"	"	0.25	0.21	0.01	0.01	0.02	0.46	1.18	117.80
16	MT13	"	AG.PAR.	0.43	0.23	0.05	0.01	0.04	0.03	1.02	55.12
17	MT15.1	"	"	0.40	0.45	0.06	0.01	0.08	0.30	0.84	62.01
18	MT16	"	"	0.41	0.46	0.02	0.04	0.14	0.50	1.80	50.79
19	MT17	"	"	0.27	0.28	0.10	0.02	0.09	0.01	0.67	56.35
20	MT18.1	"	"	0.49	0.47	0.10	0.01	0.04	0.29	0.85	47.32
21	MT21	"	KALLONI	0.48	0.26	0.10	0.01	0.01	0.01	0.60	157.10
22	MT21.1	"	"	0.24	0.11	0.02	0.02	0.10	0.34	0.12	41.46
23	MT22	"	"	0.31	0.16	0.08	0.01	0.01	0.05	0.94	160.90
24	MT23.1	"	"	0.53	0.71	0.08	0.01	0.14	0.60	0.98	32.36
25	MT24.1	"	PETRA	0.29	0.26	0.04	0.02	0.02	0.15	0.93	28.25
26	MT25.1	"	"	0.27	0.27	0.05	0.01	0.05	0.07	0.43	47.02
27	MT26.1	"	MADAMAD	0.50	0.46	0.04	0.03	0.12	0.35	1.09	95.57
28	MT27	"	"	0.65	0.47	0.08	0.01	0.14	0.27	1.43	44.52
29	MT28	"	"	0.59	0.46	0.02	0.03	0.05	0.54	0.96	59.91
30	MT29	"	N.KYDON	0.52	0.23	0.05	0.01	0.12	0.57	0.85	105.00
31	MT30.1	"	MORIAS	0.41	0.16	0.03	0.01	0.17	0.12	1.60	128.80
32	MT31	"	PAMFIL.	0.96	0.92	0.09	0.30	0.11	0.17	0.94	256.50
33	MT31.1	"	"	0.55	0.26	0.11	0.05	0.22	0.48	0.20	75.26
34	MT32.1	"	"	0.49	0.35	0.05	0.02	0.05	0.69	0.99	80.81
35	MT33.1	"	"	0.70	0.69	0.06	0.02	0.16	0.53	0.79	210.80
36	MT34.1	"	MORIAS	0.29	0.08	0.04	0.01	0.18	0.05	1.90	238.60
37	MT37	"	"	0.43	0.22	0.06	0.01	0.08	0.48	1.22	149.80
38	MT37.1	"	"	0.40	0.37	0.05	0.01	0.14	0.04	1.92	242.50
39	AT14.1	AGRINIO	AGRINIO	0.25	0.12	0.03	0.01	0.09	0.01	1.93	90.18
40	AT15.1	"	"	0.23	0.23	0.03	0.01	0.06	0.13	2.46	96.38
41	AT18.1	"	"	0.22	0.31	0.06	0.01	0.01	0.12	2.18	67.90
42	AT19.1	"	"	0.26	0.06	0.01	0.04	0.03	0.06	2.03	79.07
43	AT20.1	"	"	1.08	0.12	0.03	0.04	0.09	0.02	1.82	51.22
44	AT24.2	"	"	0.13	0.19	0.02	0.01	0.07	0.12	0.66	159.00
45	NT33.1	MESOLOG	NEOXORI	2.49	2.32	1.71	0.01	1.14	0.27	10.83	132.60
46	NT33.2	"	"	3.56	3.60	2.11	0.53	1.52	0.01	5.80	124.50
47	NT35.1	"	"	1.59	1.13	0.45	0.14	0.54	1.20	6.83	152.20
48	NT35.2	"	"	1.67	2.00	1.16	0.10	1.14	1.12	6.38	128.30
49	NT37.1	"	"	0.81	0.67	0.36	0.01	0.53	0.44	4.98	134.90
50	NT37.2	"	"	0.74	0.77	0.31	0.01	0.27	0.51	1.79	122.40

Πίλ. 17α (συνέχεια)

File TOBO

11/ 6/91

Page 1-2

row	TotB
---	----
1	58.8
2	58.9
3	74.1
4	58.7
5	58.5
6	62.5
7	129.0
8	114.0
9	134.0
10	184.3
11	170.1
12	132.3
13	131.1
14	123.3
15	119.7
16	56.7
17	63.7
18	53.7
19	57.5
20	49.1
21	158.3
22	42.3
23	162.3
24	34.7
25	29.7
26	47.9
27	97.7
28	47.1
29	62.1
30	107.1
31	131.1
32	259.1
33	76.9
34	83.1
35	213.1
36	241.1
37	152.1
38	245.1
39	92.5
40	99.3
41	70.5
42	81.5
43	54.3
44	160.0
45	149.0
46	138.0
47	163.0
48	140.0
49	142.0
50	126.0

Πίν. 18. Κλάσματα Εδαφικού Βορίου και Βόριο Φύλλων Ελιάς που καλλιεργείται στα αντίστοιχα Εδάφη

File BOLL

11/ 6/91

Page 1-1

row	AA	CwsB	NsaB	SaB	MnoB	FeoB	HClB	HwsB	BOliv
1	Pyrgi Lesvos	0.04	0.0	0.08	0.2	0.59	0.21	0.32	17.78
2	Paleokipos Lesvos	0.08	0.0	0.01	0.3	0.77	0.23	0.36	16.60
3	Skopelos Lesvos	0.05	0.0	0.11	0.9	2.48	0.25	0.30	9.64
4	Skopelos Lesvos	0.04	0.0	0.06	0.4	1.58	0.19	0.19	12.80
5	Keramia Lesvos	0.01	0.0	0.08	0.0	0.44	0.07	0.28	14.50
6	Keramia Lesvos	0.07	0.0	0.05	0.0	3.56	0.25	0.37	15.10
7	Keramia Lesvos	0.01	0.0	0.04	0.4	1.80	0.17	0.31	21.80
8	Keramia Lesvos	0.02	0.0	0.05	0.2	1.19	0.34	0.20	11.24
9	Keramia Lesvos	0.03	0.0	0.02	0.3	1.23	0.15	0.75	25.20
10	Keramia Lesvos	0.15	0.0	0.01	0.2	0.69	0.55	0.56	17.78
11	Ag.Paraskevi Lesvos	0.05	0.0	0.04	0.0	1.02	0.23	0.43	18.10
12	Ag.Paraskevi Lesvos	0.04	0.0	0.06	0.1	1.03	0.25	0.29	20.00
13	Ag.Paraskevi Lesvos	0.06	0.0	0.08	0.3	0.84	0.45	0.40	13.60
14	Ag.Paraskevi Lesvos	0.02	0.0	0.14	0.5	1.80	0.46	0.41	7.63
15	Ag.Paraskevi Lesvos	0.10	0.0	0.09	0.0	0.67	-0.28	0.27	8.55
16	Ag.Paraskevi Lesvos	0.10	0.0	0.04	0.3	0.85	0.47	0.49	11.40
17	Kalloni Lesvos	0.10	0.0	0.01	0.0	0.60	0.26	0.48	9.16
18	Kalloni Lesvos	0.08	0.0	0.01	0.1	0.94	0.16	0.31	13.50
19	Kalloni Lesvos	0.08	0.0	0.14	0.6	0.98	0.71	0.53	16.88
20	Petra Lesvos	0.04	0.0	0.02	0.2	0.93	0.26	0.29	15.10
21	Petra Lesvos	0.05	0.0	0.05	0.1	0.43	0.27	0.27	30.20
22	Madamados Lesvos	0.04	0.0	0.12	0.4	1.09	0.46	0.50	42.60
23	Madamados Lesvos	0.08	0.0	0.14	0.3	1.43	0.47	0.65	23.20
24	Madamados Lesvos	0.02	0.0	0.05	0.5	0.96	0.46	0.59	19.42
25	N.Kidonies Lesvos	0.05	0.0	0.12	0.6	0.85	0.23	0.52	28.80
26	N.Kidonies Lesvos	0.03	0.0	0.17	0.1	1.60	0.16	0.41	36.80
27	Pamfilia Lesvos	0.09	0.3	0.11	0.2	0.94	0.92	0.96	13.24
28	Pamfilia Lesvos	0.05	0.0	1.05	0.7	0.99	0.65	0.49	13.30
29	Morias Lesvos	0.06	0.0	0.16	0.5	0.79	0.69	0.70	19.02
30	Morias Lesvos	0.04	0.0	0.18	0.1	1.90	0.08	0.29	24.60
31	Morias Lesvos	0.06	0.0	0.08	0.5	1.22	0.22	0.43	26.20
32	Ag.Ermogenis Lesvos	0.06	0.0	0.08	1.0	0.58	0.90	0.77	36.20
33	Megara Attiki	0.13	0.0	0.16	0.5	3.06	0.40	0.54	25.20
34	Megara Attiki	0.07	0.1	0.15	0.1	2.48	0.32	0.62	23.60
35	Megara Attiki	0.10	0.1	0.12	0.4	4.07	0.31	0.48	21.40
36	Megara Attiki	0.06	0.0	0.11	0.7	1.88	0.17	0.23	14.34
37	Megara Attiki	0.15	0.0	0.27	0.3	1.80	0.30	0.32	16.92
38	Gonni Larissa	0.07	0.0	0.01	0.6	1.51	0.31	0.46	21.40
39	Gonni Larissa	0.04	0.0	0.02	0.1	0.71	0.27	0.25	20.80
40	Prevesa	0.01	0.0	0.04	0.5	1.79	0.19	0.31	33.60
41	Hrissavgi Thesprotia	0.01	0.0	0.05	0.9	1.89	0.31	0.35	34.20
42	Sametia Thesprotia	0.05	0.0	0.01	0.0	1.11	0.34	0.28	29.40
43	Agrinio	0.06	0.0	0.04	0.3	2.28	0.12	0.38	37.20
44	Agrinio	0.02	0.0	0.06	0.0	1.92	0.10	0.15	25.60
45	Agrinio	0.03	0.1	0.04	0.2	1.92	0.11	0.24	28.60
46	Neohori Messologi	0.13	0.0	0.46	0.3	2.63	0.39	0.77	45.20
47	Neohori Messologi	0.10	0.0	0.30	1.2	3.38	0.34	0.92	41.40
48	Neohori Messologi	0.10	0.0	0.33	0.9	4.87	0.39	0.67	35.00
49	Neohori Messologi	1.71	0.0	1.14	0.3	10.83	2.32	2.57	63.80
50	Neohori Messologi	0.45	0.1	0.54	1.2	6.83	1.13	1.61	63.40
51	Neohori Messologi	0.36	0.0	0.53	0.4	4.98	0.67	0.89	24.00



Πίν. 19. Κλάσματα Εδαφικού Βορίου και Βόριο Φύλλων Κριθής που καλλιεργήθηκε στα αντίστοιχα Εδάφη

File BEX

11/ 6/91

row	CN	HWSB	HCLB	CaCL2B	ManB	MnB	AmoxB	BBarl	CwsB
1	DT5-1	0.26	0.23	0.04	0.12	0.51	2.72	3.62	0.01
2	DT3-1	0.65	0.80	0.04	0.20	1.58	4.68	2.97	0.02
3	DT4-1	0.41	0.09	0.02	0.09	0.31	3.28	0.80	0.02
4	PT5-1	0.19	0.15	0.02	0.04	0.30	0.76	1.16	0.02
5	PT9-1	0.35	0.31	0.04	0.08	0.57	2.32	8.11	0.01
6	MT11-1	0.45	0.52	0.07	0.08	0.78	1.20	5.50	0.04
7	MT15-1	0.40	0.45	0.06	0.14	0.44	1.28	4.53	0.06
8	MT23-1	0.53	0.71	0.03	0.23	0.82	1.80	6.50	0.08
9	MT31	0.96	0.92	0.39	0.41	0.58	1.52	4.45	0.09
10	GKT1	0.46	0.31	0.09	0.08	0.69	2.20	1.93	0.07
11	AT13-2	0.18	0.08	0.03	0.07	0.23	4.40	0.72	0.02
12	MET3-1	0.48	0.31	0.15	0.26	0.69	4.76	4.45	0.10
13	NT33-1	2.57	2.32	1.72	2.86	3.13	13.96	35.10	1.71
14	NT33-2	3.64	3.60	2.64	4.16	4.08	9.96	38.65	2.11
15	NT35-1	1.67	1.13	0.59	1.13	2.33	9.16	19.00	0.45
16	NT35-2	1.75	2.00	1.27	2.41	3.52	9.90	29.23	1.16
17	NT37-1	0.89	0.67	0.37	0.91	1.34	6.32	6.72	0.36
18	NT37-2	0.82	0.77	0.23	0.58	1.09	2.88	7.20	0.31
19	AT24-1	0.24	0.11	0.08	0.12	0.28	2.20	1.21	0.03
20	AT24-2	0.21	0.19	0.03	0.11	0.22	0.88	4.55	0.02

Πίν. 25. Προσροφούμενο Βόριο και Ιδιότητες των αντίστοιχων  
Εδαφών

File SOB

11/ 6/91

Page 1-1

row	CN	AREA	SB	SS	OM	pH	Fed	Feo	Ald	Alo	Mno	Caex
---	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----
1	DT1.1	DOMOKOS	18.0	338	22.1	7.6	4.2	1.8	0.38	1.48	207	19.04
2	DT4.1	"	20.6	311	22.5	7.2	7.4	2.7	1.08	2.40	681	34.00
3	DT5.1	"	20.2	270	19.8	6.6	9.7	2.0	1.11	2.04	280	23.05
4	PT1.1	HPEIROS	10.0	121	22.8	7.6	7.5	2.2	0.44	1.11	234	53.25
5	PT3.1	"	7.6	133	27.2	7.7	8.1	1.9	0.70	1.11	360	53.00
6	PT6.1	"	20.6	140	31.5	7.1	23.0	1.7	2.22	2.86	384	33.85
7	PT9.2	"	9.2	140	5.0	7.5	7.5	1.3	0.95	1.32	318	31.30
8	PT11.1	"	13.6	96	30.2	7.2	12.2	1.7	1.21	1.20	791	22.93
9	MT1	LESVOS	0.8	7	34.2	5.6	8.8	0.5	0.82	0.89	107	3.63
10	MT5.1	"	11.0	19	45.9	7.3	12.6	0.8	0.76	1.27	558	23.95
11	MT10.1	"	1.2	24	15.8	6.2	7.9	0.8	0.70	0.39	356	4.63
12	MT11	"	6.4	24	56.3	5.9	11.1	1.0	1.33	0.86	65	11.90
13	MT12	"	6.8	35	30.2	6.2	2.5	0.5	0.25	0.34	61	6.00
14	MT13	"	5.2	27	17.4	6.0	2.1	0.5	0.19	0.34	82	4.55
15	MT14.1	"	0.7	30	7.4	6.0	1.6	0.8	0.22	0.34	86	4.18
16	MT15.1	"	2.0	50	10.7	6.6	2.1	0.7	0.19	0.39	178	6.43
17	MT16	"	5.2	57	32.5	6.1	3.8	1.2	0.38	0.55	500	7.85
18	MT18.2	"	1.2	75	4.0	6.3	2.0	0.7	0.19	0.58	386	11.35
19	MT20.1	"	0.9	26	10.4	5.2	4.0	1.1	0.51	0.50	161	2.20
20	MT20.2	"	0.4	22	5.0	4.9	6.1	1.5	0.92	0.86	186	1.41
21	MT21	"	1.2	21	42.9	5.1	12.3	1.7	0.95	0.91	40	5.85
22	MT22	"	2.8	17	31.2	4.6	12.5	1.3	1.33	0.75	20	3.30
23	MT24.2	"	1.2	85	6.0	6.1	3.8	1.0	0.32	0.55	182	12.15
24	MT25.1	"	2.8	58	8.7	5.9	6.1	1.0	0.57	0.55	271	10.65
25	MT26.1	"	5.2	84	17.4	6.4	9.6	1.1	0.57	0.70	327	16.45
26	MT27	"	6.0	159	34.9	6.3	5.0	0.9	0.44	1.17	136	24.88
27	MT28	"	5.6	26	41.6	6.4	6.7	1.2	0.44	0.70	290	8.25
28	MT29	"	13.6	196	25.8	6.4	2.9	0.4	0.25	0.86	390	36.75
29	MT30.1	"	5.2	113	21.8	7.4	11.2	0.5	0.32	0.70	101	50.25
30	MT31	"	1.2	25	43.9	5.8	13.7	1.0	1.21	0.65	29	7.78
31	MT31.1	"	9.2	147	29.9	7.3	2.1	0.4	0.44	0.81	134	40.75
32	MT33.1	"	3.0	15	47.6	6.3	10.3	0.6	0.70	0.85	276	7.00
33	MT34.1	"	7.9	28	30.5	7.6	14.6	1.0	0.81	0.60	360	21.85
34	MT35.2	"	0.8	11	2.3	6.8	13.8	1.1	0.82	0.55	243	2.55
35	MT37	"	6.4	52	33.5	7.3	15.2	0.5	0.70	0.55	259	18.43
36	MT37.1	"	0.4	10	6.4	6.5	15.2	1.3	1.21	0.58	280	4.27
37	MT37.2	"	2.8	12	3.7	6.0	17.3	1.0	0.89	0.60	287	1.93
38	MT38	"	9.2	47	40.9	6.8	11.4	0.8	0.44	0.65	343	8.98
39	MET1.1	MEGARA	14.2	53	27.8	7.7	5.6	0.5	0.38	1.32	132	44.75
40	MET1.2	"	13.6	47	11.4	7.9	4.8	0.2	0.32	1.11	143	46.50
41	MET3.1	"	11.2	70	21.1	7.7	7.8	0.5	0.32	0.91	293	45.75
42	MET4.1	"	8.4	73	17.1	7.7	8.6	0.4	0.38	1.20	485	24.92
43	MET5.1	"	5.2	66	18.1	7.7	9.3	0.7	0.38	0.65	241	22.80
44	PRT12.1	HPEIROS	0.5	51	21.1	5.8	7.3	1.2	1.02	0.91	364	8.25
45	PRT13.1	"	5.6	50	11.7	6.8	7.3	0.9	0.70	0.60	115	8.45
46	GKT1	LARISSA	14.8	46	33.9	6.3	3.3	0.4	0.57	0.81	59	15.20
47	GKT2	"	6.0	36	23.8	7.6	2.2	0.3	0.38	0.55	57	16.50
48	GMPT1	"	1.0	10	23.5	5.5	1.8	0.8	0.38	0.39	97	4.48
49	GSAT1	"	1.2	9	11.1	5.1	4.9	0.9	0.57	0.70	122	4.09
50	AT13.2	AGRINIO	4.0	76	5.7	5.6	18.8	2.2	2.03	1.11	795	5.23

Πίν. 25 (συνέχεια)

File SOB

11/ 6/91

Page 2-1

row	CN	AREA	SB	SS	OM	pH	Fed	Feo	Ald	Alo	Mno	Caex
51	AT15.2	"	3.0	53	8.7	4.7	15.2	2.1	1.78	0.96	740	4.10
52	AT16.1	"	3.0	43	22.1	4.8	13.9	2.5	1.77	0.91	859	1.76
53	AT16.2	"	4.2	63	6.7	5.3	17.3	2.0	1.91	1.01	762	5.65
54	AT17.1	"	2.0	45	8.7	4.5	9.0	1.7	0.95	0.65	241	4.80
55	AT17.2	"	5.2	46	7.0	4.7	8.9	1.4	0.82	0.63	389	4.75
56	AT19.1	"	0.6	27	15.1	4.0	8.7	1.8	1.46	1.17	218	1.56
57	AT19.2	"	1.0	26	10.7	4.5	9.6	2.3	1.33	1.01	383	1.30
58	AT20.1	"	1.6	32	16.1	4.4	9.9	1.8	1.59	1.30	259	1.68
59	AT20.2	"	1.9	34	9.7	4.7	10.5	1.9	1.35	1.01	422	2.02
60	AT21.1	"	0.4	30	18.4	3.9	9.9	1.7	1.27	1.17	191	1.61
61	AT21.2	"	0.8	31	9.1	4.2	9.3	1.8	1.78	1.17	510	1.88
62	AT22.1	"	1.4	30	23.1	4.4	8.3	1.7	1.27	1.01	277	2.14
63	AT22.2	"	1.4	35	18.4	4.1	9.0	1.9	1.65	1.17	310	2.11
64	AT23.1	"	9.2	16	17.4	3.8	10.9	1.9	1.75	1.32	218	3.08
65	AT23.2	"	2.0	17	15.1	4.5	10.5	1.9	1.75	1.22	343	2.20
66	AT24.1	"	1.2	25	13.4	4.2	12.3	2.1	1.52	0.75	548	2.55
67	AT24.2	"	5.2	58	6.0	5.0	20.2	1.1	2.61	0.65	545	6.30
68	AT25.2	"	8.0	69	4.0	5.3	7.7	1.1	2.27	0.86	489	5.65

row	Mgex	Kex	CEC	row	Mgex	Kex	CEC	row	Mgex	Kex	CEC
1	83.33	0.64	60.8	24	3.70	0.45	16.1	47	1.23	0.34	11.7
2	27.08	0.79	62.4	25	5.56	0.57	24.3	48	1.87	0.28	5.6
3	6.49	0.59	57.7	26	6.50	0.83	43.0	49	0.39	0.32	9.7
4	0.63	0.46	39.5	27	1.72	0.74	12.2	50	1.36	0.33	11.7
5	0.94	0.50	41.0	28	6.75	1.09	44.3	51	1.02	0.34	9.8
6	0.78	0.84	35.7	29	2.52	0.63	28.9	52	1.66	0.58	9.8
7	1.46	0.39	31.4	30	1.06	0.39	12.3	53	1.66	0.34	13.0
8	1.56	0.44	21.2	31	2.92	0.62	35.8	54	1.04	0.64	8.6
9	1.03	0.38	7.4	32	1.23	0.66	11.7	55	1.04	0.42	8.5
10	1.04	0.37	13.3	33	0.75	0.30	10.9	56	0.31	0.56	7.3
11	1.27	0.28	7.9	34	0.66	0.24	4.5	57	0.15	0.41	6.4
12	0.68	0.35	14.8	35	0.31	0.33	16.5	58	0.28	0.45	7.5
13	2.03	0.56	10.7	36	0.92	0.30	4.7	59	0.72	0.38	7.1
14	2.56	0.45	6.8	37	0.75	0.24	4.6	60	0.31	0.64	7.8
15	2.21	0.44	6.7	38	10.65	0.48	17.5	61	0.52	0.39	7.0
16	5.27	0.54	6.2	39	3.31	1.20	16.2	62	0.16	0.50	7.6
17	1.96	0.80	13.8	40	2.65	0.87	10.6	63	0.21	0.69	7.8
18	7.51	0.36	18.0	41	3.64	0.67	14.1	64	0.20	0.55	8.1
19	0.66	0.40	4.9	42	1.69	0.40	16.5	65	0.42	0.45	7.8
20	0.53	0.39	6.3	43	2.12	0.74	13.8	66	0.72	0.50	7.6
21	0.79	0.37	12.5	44	2.25	0.42	13.9	67	1.46	0.36	13.1
22	0.28	0.32	8.2	45	0.51	0.55	10.6	68	1.82	0.22	12.4
23	2.89	0.55	17.4	46	0.75	0.37	12.6				

Πίν. 26. Παράμετροι Freundlich και Ιδιότητες των αντίστοιχων Εδαφών

File BFR1

11/ 6/91

Page 1-1

row	CN	KFr	NFr	OM	Clay	SS	Ald	Alo	Fed	Feo
1	PT10.1	3.1068	0.5008	19.8	32.	77.	1.33	1.32	13.10	1.4
2	MET4.1	2.1746	0.3247	17.1	41.	73.	0.38	1.20	8.60	0.4
3	AT14.1	0.9001	0.6233	19.5	27.	55.	1.84	1.14	15.20	2.0
4	AT21.1	0.2672	0.4222	18.4	20.	30.	1.27	1.17	9.90	1.7
5	MT5.1	1.0065	0.9996	45.9	24.	19.	0.76	1.27	12.60	0.8
6	MT10.1	0.4116	0.7671	15.8	15.	24.	0.70	0.39	7.90	0.8
7	DT5.1	2.9523	0.9523	12.1	67.	270.	1.11	2.04	12.20	2.0
8	PT4.1	2.1874	0.6606	27.8	22.	62.	1.84	1.11	14.60	0.8
9	PT5.1	1.8470	0.6038	28.5	25.	57.	1.94	1.17	12.60	1.0
10	GT2	1.4574	0.5710	23.8	21.	36.	0.38	0.55	2.20	0.3
11	MEGD	1.3144	1.9921	13.5	20.	37.	0.16	0.20	9.85	3.9
12	GSAZ	1.5884	0.3840	33.2	17.	21.	0.05	0.05	4.62	1.5
13	K2	0.3327	0.7230	34.1	12.	34.	0.07	0.06	6.96	1.6
14	N4	0.8703	0.7488	41.5	8.	25.	0.07	0.07	7.14	1.6
15	K3	0.2654	0.9543	33.2	10.	33.	0.08	0.08	6.96	1.8
16	L4	0.6978	1.0517	30.1	8.	25.	0.06	0.06	5.52	1.4
17	N3	1.0401	0.8478	25.5	8.	31.	0.07	0.06	5.34	1.7
18	M1	0.0904	0.9001	27.8	9.	33.	0.06	0.05	7.14	1.8
19	M2	0.2264	1.0938	39.2	8.	33.	0.06	0.06	6.96	2.0
20	A2	1.3628	0.2671	22.4	6.	18.	0.06	0.05	7.50	1.3
21	MAKR	0.4828	1.0352	23.7	22.	39.	0.17	0.18	14.20	3.3
22	PTEL1	0.1903	1.5872	7.2	25.	70.	0.07	0.06	9.30	1.1
23	PTEL2	1.0241	0.9295	11.6	22.	59.	0.06	0.04	7.14	1.6
24	AHIL	2.4926	0.5409	5.1	29.	82.	0.03	0.04	3.54	0.6
25	DRIM	0.8586	0.5964	7.2	22.	64.	0.06	0.04	7.86	1.1
26	MT1	0.5270	1.0152	6.4	12.	6.	0.08	0.06	7.95	1.6
27	MT2	1.2344	1.2946	6.6	12.	8.	0.05	0.06	8.94	2.3
28	OT10	0.2660	1.3965	31.7	24.	47.	0.06	0.08	10.10	4.3

row	pH	CEC	row	pH	CEC
1	7.2	20.1	15	5.5	13.8
2	7.7	16.2	16	5.6	12.8
3	5.4	10.1	17	6.3	13.2
4	3.9	7.8	18	5.9	12.3
5	7.3	13.3	19	6.7	14.7
6	6.2	7.9	20	4.5	12.5
7	6.3	57.7	21	5.9	10.6
8	6.9	14.9	22	6.2	21.0
9	6.3	13.4	23	5.7	14.3
10	7.6	11.7	24	6.8	18.5
11	6.5	17.0	25	5.4	17.0
12	6.3	12.0	26	6.4	3.5
13	6.5	17.0	27	6.1	3.5
14	6.6	17.9	28	6.4	21.2

Πίν. 26α. Παράμετροι Freundlich και Μορφές Βορίου των αντιστοιχών Εδαφών

File FRPARBFO 11/ 7/91

Page 1-1

row	cn	area	KFR	NFR	OM	Wsc	pH	Mno	Feo	Alo
---	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---
1	OT10	LARISSA	0.2660	1.3965	3.17	669	6.4	250	0.18	0.06
2	MT1	LESVOS	0.5257	1.0158	0.64	228	6.4	182	0.06	0.05
3	MT2	LESVOS	1.2344	1.2946	0.66	392	6.1	209	0.06	0.04
4	MAKR	MAGNESIA	0.4828	1.0352	2.37	551	5.9	368	0.10	0.14
5	PTEL1	MAGNESIA	0.1903	1.5872	0.72	433	6.2	247	0.04	0.02
6	PTEL2	MAGNESIA	1.0241	0.9295	1.16	566	5.7	182	0.03	0.03
7	ACH	MAGNESIA	2.4926	0.5409	0.51	199	6.8	171	0.02	0.03
8	DRIM	MAGNESIA	0.8586	0.5964	0.72	200	5.4	43	0.04	0.03
9	MEGD	KARDITSA	1.3144	1.9921	13.50	665	6.5	6523	0.16	0.21
10	GSAZ	LARISSA	1.5884	0.3840	3.32	211	6.2	118	0.06	0.05
11	DT5.1	DOMOKOS	2.9523	0.9523	1.98	38	6.6	280	0.20	0.20
12	MT7.1	LESVOS	0.6510	0.1184	1.91	96	5.5	261	0.06	0.06
13	MT10.1	LESVOS	0.4116	0.7671	1.58	84	6.2	356	0.08	0.04
14	MT25.1	LESVOS	0.5426	0.8272	0.87	195	5.9	271	0.01	0.06
15	PT4.1	HPEIROS	2.1874	0.6606	2.78	150	6.9	293	0.08	0.11
16	PT5.1	HPEIROS	1.8470	0.6038	2.85	150	6.3	259	0.01	0.12
17	PT10.1	HPEIROS	3.1068	0.5008	1.98	165	7.2	893	0.14	0.13
18	GKt2	LARISSA	1.4574	0.5710	2.38	122	7.6	57	0.03	0.06
19	MET4.1	MEGARA	2.1754	0.3247	2.78	60	7.7	182	0.05	0.13
20	AT14.1	AGRINIO	0.9001	0.6233	1.95	84	5.4	783	0.20	0.11
21	AT17.1	AGRINIO	0.3039	0.0951	0.87	60	4.5	241	0.17	0.07
22	AT21.1	AGRINIO	0.2672	0.4222	1.84	47	3.9	191	0.17	0.12

row	SS	HwsB	CaCl2B	ManB	MnB	AmoxB
---	---	---	---	---	---	---
1	71	0.34	0.10	0.1	1.05	4.52
2	17	0.16	0.04	0.0	0.16	1.81
3	18	0.10	0.12	0.0	0.16	1.85
4	51	0.21	0.05	0.1	0.14	2.88
5	105	0.27	0.06	0.1	0.12	1.25
6	76	0.60	0.03	0.2	0.79	1.21
7	106	0.16	0.04	0.1	0.13	0.90
8	76	0.08	0.05	0.0	0.13	1.19
9	37	2.02	0.11	0.1	0.67	17.90
10	21	0.55	0.05	0.0	0.17	6.08
11	270	0.26	0.04	0.1	0.39	2.21
12	20	0.28	0.01	0.1	0.03	0.44
13	24	0.20	0.05	0.1	0.15	1.19
14	58	0.27	0.05	0.1	0.07	0.43
15	62	0.18	0.01	0.1	0.19	2.21
16	57	0.19	0.02	0.0	0.26	1.46
17	77	0.28	0.04	0.1	0.90	1.89
18	36	0.15	0.03	0.1	0.31	0.78
19	53	0.54	0.14	0.2	0.47	3.06
20	56	0.25	0.04	0.1	0.00	1.93
21	9	0.15	0.03	0.1	0.03	1.92
22	30	0.19	0.01	0.0	0.16	1.88

Πίν. 27. Επίδραση του pH στην Προσρόφηση του Βορίου στα Εδάφη

File SOBPHB 11/ 6/91

row	SB	pH	row	SB	pH
---	--	--	---	--	--
1	0.01	4.5	39	0.01	4.0
2	0.01	5.0	40	0.80	4.5
3	0.02	6.1	41	0.80	5.0
4	1.20	6.5	42	0.80	5.4
5	2.48	7.5	43	0.80	6.0
6	1.20	8.0	44	0.80	6.5
7	3.76	8.5	45	0.80	7.0
8	3.76	9.1	46	0.80	7.4
9	7.04	9.6	47	2.56	8.0
10	0.01	5.5	48	2.72	8.4
11	1.44	6.1	49	5.12	8.9
12	1.44	6.5	50	4.32	9.5
13	1.44	7.5			
14	2.56	8.0			
15	2.56	8.5			
16	5.60	9.1			
17	5.60	9.5			
18	0.80	4.5			
19	0.80	5.0			
20	2.56	5.4			
21	1.20	6.2			
22	1.20	6.7			
23	2.50	7.2			
24	4.32	7.8			
25	5.60	8.4			
26	5.12	8.5			
27	6.56	9.0			
28	8.32	9.5			
29	0.80	5.1			
30	0.80	5.6			
31	2.56	6.0			
32	0.03	6.5			
33	0.96	7.0			
34	2.56	7.5			
35	1.76	8.0			
36	5.12	8.4			
37	5.12	9.0			
38	5.12	9.5			

Πίνακας 30. Επίδραση της Ασβέστωσης των Εδαφών στην Προσρόφηση του Βορίου.

Εδαφος	Χωρίς ασβέστωση			Με ασβέστωση			Εδαφος	Χωρίς ασβέστωση			Με ασβέστωση		
	pH	Συγκ. ισορρ. μg/ml	προσρ. Βόριο μg/g εδ.	pH	Συγκ. ισορρ. μg/ml	προσρ. Βόριο μg/g εδ.		pH	Συγκ. ισορρ. μg/ml	προσρ. Βόριο μg/ml	pH	Συγκ. ισορρ. μg/ml	προσρ. Βόριο μg/g εδ.
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
4 Βρυότο- πος Λαρίσις	4.6	1.00	0.00	7.0	0.65	0.70	8	4.7	36.75	6.50	7.7	33.60	12.80
	4.6	5.00	0.00	7.0	4.35	1.30		4.7	55.20	9.60	7.7	47.25	25.50
	4.7	10.00	0.00	7.0	9.00	2.00	10 Δρυ- μύνας Μαγν.	5.2	0.80	0.40	6.5	0.60	0.80
	4.6	20.00	0.00	7.0	18.60	2.80		5.2	4.65	0.70	6.5	3.50	3.00
	4.7	37.80	4.40	7.0	37.80	4.40		5.1	9.40	1.20	6.5	8.00	4.00
5 Φαλάνη Λαρίσις	--	---	--	7.0	48.30	23.40	5.0	18.80	2.40	6.5	17.40	5.20	
	5.4	1.00	0.00	7.6	0.60	0.80	5.0	37.70	8.60	6.5	34.25	11.50	
	5.4	5.00	0.00	7.8	3.30	3.40	5.0	55.65	8.70	6.6	49.35	21.30	
	5.3	10.00	0.00	7.8	8.20	3.60	14 Μικρο- καμπος Κιλκίς	4.1	0.91	0.18	7.3	0.50	1.00
	5.2	20.00	0.00	7.8	18.00	4.00		4.1	4.88	0.24	7.3	3.20	3.60
5.2	40.00	0.00	7.8	35.70	8.60	4.1		9.80	0.40	7.4	7.80	4.40	
6 Πλατα- νούλια Λαρίσις	5.4	57.75	4.50	7.8	50.40	19.20	4.2	19.50	1.00	7.4	17.40	5.20	
	4.2	0.90	0.20	6.7	0.50	1.00	4.0	36.75	6.50	7.4	32.55	14.90	
	4.2	4.55	0.90	6.8	2.90	4.20	4.1	54.75	10.50	7.3	49.35	21.30	
	4.2	8.60	2.80	6.8	7.20	5.60	15 Πικρο- λίμνη Κιλκίς	5.3	1.00	0.00	7.5	0.80	0.40
	4.2	17.75	4.50	6.8	15.00	10.00		5.4	5.00	0.00	7.5	4.70	0.60
4.2	35.91	8.18	6.8	33.60	12.80	5.4		10.00	0.00	7.5	8.40	3.20	
8 Τίρναβος Λαρίσις	4.2	52.75	14.50	6.8	43.05	33.00	5.2	20.00	0.00	7.5	17.40	5.20	
	4.7	0.83	0.34	7.6	0.50	1.00	5.2	38.55	2.90	7.5	34.65	10.70	
	4.7	4.75	0.50	7.7	3.00	4.00	5.3	57.75	4.50	7.5	52.20	15.60	
	4.7	19.20	1.60	7.7	7.20	5.60							
	4.7	18.25	3.50	7.7	16.50	7.00							

Πίνακας 31. Επίδραση της της Οργανικής ουσίας στην Προσρόφηση του Βορίου									
Εδαφος	Με οργ. ουσία		Χωρίς οργ. ουσία		Εδαφος	Με οργ. ουσία		Χωρίς οργ. ουσία	
	Συγκ. ισορρ. μg/ml	προσροφ. Β μg/g εδ.	Συγκ. ισορρ. μg/ml	προσροφ. Β μg/g εδ.		Συγκ. ισορρ. μg/ml	προσροφ. Β μg/g εδ.	Συγκ. ισορρ. μg/ml	προσροφ. Β μg/g εδ.
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ΜΤ <sub>1</sub>	0.82	0.36	0.82	0.36	ΑΧΙΛΛ.	0.28	1.44	0.70	0.60
	2.45	1.10	2.83	0.34		1.60	2.80	1.57	2.86
	4.22	1.56	4.83	0.34		3.01	3.98	3.67	2.66
	7.62	4.76	9.88	0.24		6.88	6.24	7.01	5.98
	13.50	13.00	14.60	10.80		12.95	14.10	--	--
ΜΤ <sub>2</sub>	0.94	0.12	0.77	0.52	ΔΡΥΜ.	0.63	0.74	0.70	0.60
	2.86	0.28	2.53	0.94		2.53	0.94	2.60	1.80
	4.80	0.34	4.36	1.28		4.34	1.32	4.39	1.22
	7.84	4.32	8.72	2.56		9.14	1.72	9.24	1.52
	13.50	13.00	14.08	11.84		13.85	12.30	--	--
ΟΤ <sub>10</sub>	0.80	0.40	0.67	0.66	ΓΙΑΖ	0.46	1.08	0.82	0.36
	2.67	0.66	2.33	1.34		2.34	1.32	2.63	0.74
	4.50	1.00	4.34	1.32		3.76	2.48	4.14	1.72
	7.72	5.56	7.36	5.28					
ΠΤΕΛ <sub>1</sub>	0.85	0.30	0.67	0.66	ΠΤΕΛ <sub>2</sub>	0.71	0.58	0.70	0.66
	2.63	0.74	1.81	2.38		2.33	1.34	2.09	1.82
	4.38	1.24	3.38	3.24		3.21	3.58	3.85	2.30
	7.21	5.58	6.73	6.54		7.66	4.68	7.01	5.98
	13.58	12.84	--	--		10.0	20.0	--	--



Πίν. 32. Δεδομένα Προσρόφησης Βορίου

'Εδαφος	Συγκέντρωση ισορροπίας C (mg/lit)	Προσροφούμε. B (mg/Kg)	'Εδαφος	Συγκέντρωση ισορροπίας C (mg/lit)	Προσροφούμενο B (mg/Kg)
1	2	3	1	2	3
<u>ΔΤ5.1</u>	0.48 0.84 1.21 1.62 3.74	1.04 2.32 3.58 6.76 12.52	<u>ΜΤ1</u>	0.36 0.82 2.45 4.22 5.90 7.62 13.50	0.28 0.36 1.10 1.56 2.20 4.76 13.00
<u>ΠΤ5.1</u>	0.42 1.01 1.93 3.10 6.79	1.16 1.98 2.14 3.80 6.42	<u>ΜΤ2</u>	0.45 0.94 2.86 4.80 6.44 7.84 13.50	0.10 0.12 0.28 0.34 1.12 4.32 13.00
<u>ΠΤ4.1</u>	0.39 0.92 1.70 2.75 6.19	1.22 2.16 2.60 4.50 7.62	<u>ΜΤ5.1</u>	0.37 0.57 1.98 3.26 4.78 6.76	0.26 0.86 2.04 3.48 4.44 6.48
<u>ΠΤ10.1</u>	0.23 1.50 2.54 3.89 6.22	1.54 3.00 4.92 6.22 8.62	<u>ΜΤ10.1</u>	0.39 0.79 2.90 4.51 6.29 7.95	0.22 0.42 0.54 0.98 1.42 4.10
<u>ΜΤ25.1</u>	0.06 0.57 2.74 4.55 6.74 8.56	0.88 0.86 0.52 0.90 0.52 2.88	<u>ΜΕΓΑ</u>	0.46 0.56 1.12 1.85 2.82 3.86	0.08 0.88 3.77 6.30 8.36 12.28
<u>ΓΚΤ2</u>	0.52 1.16 1.90 3.59 7.65	0.96 1.68 2.20 2.82 4.71	<u>ΑΤ14.1</u>	0.68 1.40 2.18 3.99 8.37	0.64 1.20 1.64 2.02 3.26

Πίλ. 32 (συνέχεια)

1	2	3	1	2	3
<u>ΓΣΑΖ</u>	0.11 0.46 2.34 3.76 6.74 17.38 26.48 46.64	0.78 1.08 1.32 2.48 6.52 5.24 7.04 6.92	<u>ΟΤ<sub>10</sub></u>	0.46 0.80 2.67 4.50 5.94 7.22 11.40	0.08 0.40 0.66 1.00 2.12 5.56 17.20
<u>ΜΑΚΡ. ΜΑΓΝ.</u>	0.39 0.74 2.65 4.52 5.84 6.77 13.58	0.22 0.52 0.70 0.96 2.32 6.46 12.84	<u>ΠΤΕΛ<sub>1</sub> ΜΑΓΝ.</u>	0.48 0.85 2.63 4.38 7.21 13.58	0.04 0.30 0.74 1.24 5.58 12.84
<u>ΠΤΕΛ<sub>2</sub> ΜΑΓΝ.</u>	0.27 0.71 2.33 3.21 5.20 7.66 10.00	0.46 0.58 1.34 3.58 3.60 4.68 20.00	<u>ΑΧΙΛΛ. ΜΑΓΝ.</u>	0.70 2.09 3.85 7.01 12.95	0.60 1.82 2.30 5.98 14.10
<u>ΔΡΥΜ. ΜΑΓΝ.</u>	0.25 0.63 2.53 4.34 5.75 9.14 13.85	0.50 0.74 0.94 1.32 2.50 1.72 12.30	<u>ΜΕΤ4.1</u>	0.05 0.35 2.02 3.35 5.11 7.28	0.99 1.30 1.96 3.30 3.78 5.44
<u>ΑΤ17.1</u>	0.84 1.66 2.93 4.61 9.61	0.32 0.68 0.14 0.18 0.78	<u>ΑΤ21.1</u>	0.39 0.93 2.85 4.80 6.67 9.48	0.22 0.25 0.30 0.40 0.60 1.04
<u>Κ<sub>α</sub></u>	0.80 4.65 9.20 17.90 34.65 53.55	0.40 0.70 1.60 4.20 10.70 12.90	<u>Λ<sub>4</sub></u>	0.70 4.30 8.10 15.50 23.31 45.15	0.60 1.40 3.80 9.00 33.38 29.70

Π(ν. 32 (συνέχεια))

1	2	3	1	2	3
<u>N<sub>3</sub></u>	0.60 4.15 6.14 14.40 32.80 43.05	0.80 1.70 7.72 11.20 14.40 33.90	<u>K<sub>2</sub></u>	0.89 4.35 8.79 18.72 38.14 57.16	0.22 1.30 2.42 2.56 3.72 5.68
<u>M<sub>1</sub></u>	0.95 4.85 9.60 19.50 38.85 57.75	0.10 0.30 0.80 1.00 2.30 4.50	<u>N<sub>4</sub></u>	1.00 3.79 7.77 17.29 32.87 51.65	0.00 2.42 4.46 5.42 14.26 16.70
<u>M<sub>2</sub></u>	0.90 4.40 8.90 16.95 35.70 50.40	0.20 1.20 2.20 6.10 8.60 19.20	<u>A<sub>2</sub></u>	0.52 4.05 8.40 18.10 37.60 58.80	0.96 1.90 3.20 3.80 4.40 2.40

Πιν. 43. Ισόθερμες Προσρόφησης Βορίου σε Γκαλιττες					
A/A	Συγκ. ισορρ. (μg/ml)	Προσροφ. Βόριο (μg/g)	A/A	Συγκ. ισορρ. (μg/ml)	Προσροφ. Βόριο (μg/g)
<u>GA19</u>	0.48	2.0	<u>GA18</u>	0.48	2.0
	0.94	6.0		0.93	7.0
	1.35	15.0		1.35	15.0
	1.75	25.0		1.78	22.0
	2.65	35.0		2.60	40.0
	4.60	40.0		4.45	55.0
<u>PG3D</u>	0.47	3.0	<u>PG45D</u>	0.48	2.0
	0.80	20.0		0.90	10.0
	1.15	35.0		1.25	25.0
	1.55	45.0		1.65	35.0
	2.40	60.0		2.50	50.0
	4.30	70.0		4.40	60.0
<u>PG70D</u>	0.44	6.0	<u>PG22D</u>	0.35	15.0
	0.85	15.0		0.78	22.0
	1.28	22.0		1.25	25.0
	1.75	25.0		1.70	30.0
	2.65	35.0		2.60	40.0
	4.55	45.0		4.50	50.0
<u>GA20</u>	0.47	3.0	<u>GA21</u>	0.40	10.0
	0.90	10.0		0.83	17.0
	1.35	15.0		1.25	25.0
	1.80	20.0		1.70	30.0
	2.70	30.0		2.50	40.0
	4.55	45.0		4.45	55.0

Πίν. 44. Ισόθερμες Προσρόφησης Βορίου σε Αιματίτες

A/A	Συγκ. ισορρ. (μg/ml)	Προσοφ. Βόριο (μg/g)	A/A	Συγκ. ισορρ. (μg/g)	Προσοφ. Βόριο (μg/g)
<u>HA16</u>	0.45	5.0	<u>PSH</u>	0.48	2.0
	0.90	10.0		0.90	10.0
	1.35	15.0		1.28	22.0
	1.80	20.0		1.60	40.0
	2.72	28.0		2.40	60.0
	4.60	40.0		3.95	105.0
<u>HA17</u>	0.40	10.0	<u>PHFMH</u>	0.49	1.0
	0.75	25.0		0.90	10.0
	1.10	40.0		1.32	18.0
	1.50	50.0		1.75	25.0
	2.25	75.0		2.65	35.0
	3.75	125.0		4.55	45.0
<u>HA18</u>	0.50	0.0	<u>PHFMG</u>	0.35	15.0
	0.95	5.0		0.70	30.0
	1.45	10.0		1.00	50.0
	1.83	17.0		1.35	65.0
	2.75	25.0		2.20	80.0
	4.65	35.0		3.90	110.0
<u>HA27</u>	0.48	2.0			
	0.95	5.0			
	1.40	10.0			
	1.85	15.0			
	2.75	25.0			
	4.60	40.0			

Πίν. 49. Η Επίδραση του pH στην Προσρόφηση του Βορίου σε Γκαλιίτες και Αιματίτες

Δείγμα	pH	Προσρ.Β (μg/g)	Δείγμα	pH	Προσρ.Β (μg/g)
<u>Γκαλιίτες</u>					
<u>GA<sub>1a</sub></u>	5.7	7.0	<u>GA<sub>1a</sub></u>	6.6	7.0
	7.4	15.0		7.1	8.0
	7.6	25.0		7.2	9.0
	7.7	28.0		7.7	10.0
	8.0	35.0		7.8	15.0
				8.0	10.0
<u>GA<sub>2a</sub></u>	6.8	0.0	<u>PG<sub>2aD</sub></u>	7.0	30.0
	8.3	7.0		8.2	54.0
	9.3	20.0		8.5	57.0
	10.3	23.0		9.0	62.0
	10.7	24.0		10.0	65.0
	11.0	25.0		10.7	60.0
	11.2	25.0		11.0	53.0
<u>PG<sub>45D</sub></u>	7.2	25.0	<u>PG<sub>70D</sub></u>	6.6	12.0
	8.1	45.0		8.1	24.0
	8.7	58.0		8.4	26.0
	9.5	65.0		9.1	30.0
	10.4	65.0		9.9	25.0
	10.8	55.0		10.8	15.0
<u>Αιματίτες</u>					
<u>HA<sub>1z</sub></u>	6.7	40.0	<u>PSH</u>	6.0	30.0
	6.9	60.0		6.7	65.0
	7.1	70.0		6.9	80.0
	7.2	82.0		8.6	87.0
	7.3	90.0		9.3	85.0
	7.4	95.0		9.9	82.0
				10.4	77.0
				10.7	67.0
<u>PHFG</u>	7.3	60.0	<u>PHFMH</u>	4.3	0.0
	7.5	70.0		7.6	32.0
	7.6	77.0		7.7	32.0
	7.8	100.0		7.8	32.0
				8.0	30.0
				8.2	20.0