ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΕΘΝΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΒΕΣΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΤΟΥ ΒΟΡΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΑΠΝΟ

Σουλτάνα Κασσίωτη
Α.Μ 96037

Υπεύθυνοι Διατριβής
Δρ. Χρήστος Πασχαλίδης, Καθηγητής ΤΕΙ
Δρ. Χρίστος Τσαντήλας, Τακτικός Ερευνητής

ΛΑΡΙΣΑ, 2001

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΕΘΝΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ

ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΤΜΗΜΑ
ΕΚΔΟΣΕΩΝ & ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΒΕΣΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΤΟΥ ΒΟΡΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΑΠΝΟ

Σουλτάνα Κασσίωτη
Α.Μ 96037

Υπεύθυνοι Διατριβής
Δρ. Χρήστος Πασχαλίδης, Καθηγητής ΤΕΙ
Δρ. Χρίστος Τσαντήλας, Τακτικός Ερευνητής

ΛΑΡΙΣΑ, 2001

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	ΣΕΛΙΔΑ
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	3
ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΠΝΟΥ	3
Α. ΓΕΝΙΚΑ	3
Β. ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	4
Β.1 ΚΛΙΜΑ	4
Β.2 ΕΔΑΦΟΣ	5
Β.2.1 Οξύτητα Εδάφους	6
Γ. ΘΡΕΠΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	7
Γ.1 Άζωτο	8
Γ.2 Φώσφορος	9
Γ.3 Κάλιο	9
Γ.4 Ασβέστιο	10
Γ.5 Μαγνήσιο	11
Γ.6 Βόριο	12
Γ.6.1 Θρέψη καπνού με βόριο	12
Γ.6.2 Μορφές βορίου στο έδαφος	13
Γ.6.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα του βορίου	13
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	15
Α. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	15
Β. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ - ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ	17
Β.1 Φυτών	17
Β.2 Εδάφους	18
Β.3 Μέθοδοι αναλύσεων	18
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	20
Α. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΒΕΣΤΩΣΗΣ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΒΟΡΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΑΠΝΟ	20
Α.1 Εδαφικό pH	20
Α.2 Ανταλλάξιμα κατιόντα	20

Α.3 Διαθέσιμο εδαφικό Βόριο 21
Α.4 Απορρόφηση βορίου 22
Β. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΒΕΣΤΩΣΗΣ ΣΤΗ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΤΟΥ ΒΟΡΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ 24
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 27
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 28
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ
ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ - ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ 30

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλω να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου στον καθηγητή του ΤΕΙ Καλαμάτας Δρ. Χρίστο Πασχαλίδη για την ανάθεση της πτυχιακής εργασίας.

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο του Ινστιτούτου Χαρτογράφησης Εδαφών του Εθνικού Ιδρύματος Αγροτικής Έρευνας (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.) υπό την επίβλεψη του Τακτικού Ερευνητή, Δρ. Χρίστου Τσαντήλα και αποτελεί μέρος του Ερευνητικού Προγράμματος ΔΗΜΗΤΡΑ 95 VI/14. Από τη θέση αυτή θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στο Ίδρυμα και στον επιβλέποντα ερευνητή που κατέστησαν δυνατή την πραγματοποίηση της εργασίας. Επίσης θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Δρ. Βασίλειο Σαμαρά, Εντεταλμένο Ερευνητή, στον κ. Χάρη Θεοδωρόπουλο, Γεωπόνο και στον κ. Μιλτιάδη Τσουβαλέκα, Χημικό Μηχανικό, που βοήθησαν στην πραγματοποίηση της εργασίας αυτής. Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται στις Τεχνολόγους Γεωπονίας κα Ευαγγελία Πάπα, κα Βασιλική Γιαννή και κα Παναγιώτα Καζαή για την πολύτιμη βοήθειά τους στις εργαστηριακές αναλύσεις.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο καπνός αποτελεί μια από τις πιο δυναμικές καλλιέργειες της χώρας μας που κατά κανόνα καλλιεργείται σε χαμηλής γονιμότητας εδάφη, πολλά από τα οποία είναι ισχυρά όξινα και απαιτούν βελτίωση που γίνεται με ασβέστωση. Ασβέστωση είναι η προσθήκη στο έδαφος υλικών που περιέχουν ασβέστιο σε διάφορες μορφές με σκοπό την αύξηση του pH του εδάφους στο επιθυμητό επίπεδο. Η πρακτική αυτή εκτός από το pH, επηρεάζει σημαντικά την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων από την καλλιέργεια του καπνού και ιδίως του μαγγανίου (Mn), του μολυβδαινίου (Mo) και του βορίου (B). Γενικά είναι γνωστό από την έρευνα ότι η αύξηση του εδαφικού pH μειώνει την απορρόφηση του B και πολλές φορές η ασβέστωση μπορεί να προκαλέσει τροφοπενία του στοιχείου αυτού στις καλλιέργειες. Επίσης έχει βρεθεί ότι η μορφή του αζώτου (N) των αζωτούχων λιπασμάτων μπορεί να επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο το εδαφικό pH και μέσω αυτού τη διαθεσιμότητα ορισμένων θρεπτικών στοιχείων. Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να μελετηθεί η επίδραση της ασβέστωσης ενός όξινου εδάφους και της μορφής του N στην απορρόφηση του ιχνοστοιχείου B από τον καπνό.

Σε όξινο έδαφος Typic Haploxeralf (pH 5.46), της περιοχής Κοινότητας Βρύων Ν. Πιερίας εγκαταστάθηκε παραγοντικό πείραμα 3x3 με παράγοντα A τις δόσεις $CaCO_3$ 0, 400 και 800 kg/στρ. και παράγοντα B την αναλογία νιτρικού/αμμωνιακό άζωτο, η οποία περιλάμβανε την βασική λίπανση ως Νιτρικό άζωτο 100 % και Αμμωνιακό άζωτο 0 %, ή ως Νιτρικό άζωτο 0 % και Αμμωνιακό άζωτο 100 % και Νιτρικό άζωτο 50 % και Αμμωνιακό άζωτο 50 %. Οι επαναλήψεις των αντικειμένων μελέτης ήταν τέσσερις και το πειραματικό σχέδιο ήταν πλήρεις τυχαιοποιημένες ομάδες. Μετά το τέλος της συλλογής των καπνοφύλλων, πάρθηκαν

σύνθετα δείγματα εδάφους 0-20 και 20-40 cm από κάθε πειραματικό τεμάχιο και προσδιορίσθηκαν οι βασικές ιδιότητες μεταξύ των οποίων και το διαθέσιμο Β. Το ίδιο έγινε και στα δείγματα καπνού. Επίσης με πειράματα στο εργαστήριο μελετήθηκε η επίδραση του pH στην προσρόφηση του Β.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ασβέστωση αύξησε το pH από 5 σε 6.7 προκαλώντας μείωση του διαθέσιμου εδαφικού Β, μείωση της συγκέντρωσης του Β και αύξηση των λόγων Ca/B και K/B στα φύλλα του καπνού σε επίπεδα που χαρακτηρίζουν την τροφοπενία Β. Η προσρόφηση του Β προσαρμόσθηκε στο μοντέλο του Freundlich, ενώ αύξηση του pH προκάλεσε αύξηση της προσρόφησης του Β.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο καπνός αποτελεί μια από τις πιο δυναμικές καλλιέργειες της χώρας μας. Καλλιεργείται κατά κανόνα σε χαμηλής γονιμότητας εδάφη, σε έκταση περίπου 870.000 στρεμμάτων και εξασφαλίζει εισόδημα σε περισσότερες από 75.000 οικογένειες καπνοπαραγωγών. Υπολογίζεται ότι η συνολική παραγωγή καπνού ετησίως είναι περίπου 120.000-160.000 τόνοι από την οποία το 80-90% εξάγεται σε 40 περίπου χώρες όλων των ηπείρων με κυριότερες τις Η.Π.Α., τη Γερμανία, την Ιαπωνία κ.α. (Βασιλειάδης, 1996).

Ο αριθμός των ποικιλιών που καλλιεργούνται στη χώρα μας είναι αρκετά μεγάλος και διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τα μορφολογικά χαρακτηριστικά, τις εδαφοκλιματικές απαιτήσεις τους και τους ποιοτικούς χαρακτήρες. Ορισμένες από αυτές τις ποικιλίες είναι καθαρά ελληνικές. Μια τέτοια ποικιλία είναι η *Σαμψούς* (Φωτογραφία 1 - Παράρτημα), η οποία χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα αυτής της εργασίας. Η ποικιλία αυτή προήλθε από υβριδισμό από μια παλιά ποικιλία που κατάγεται από την περιοχή της Σαμψούντος της Μαύρης θάλασσας. Τα καπνά *Σαμψούς* περιλαμβάνονται στα εκλεκτά καπνά γεύσεως της Ελλάδας και καλλιεργούνται κυρίως στους Νομούς Πιερίας, Ημαθίας και Αιτωλοακαρνανίας σε συνολική έκταση περίπου 103.500 στρεμμάτων. Η ετήσια παραγωγή καπνού της ποικιλίας αυτής υπολογίζεται γύρω στους 18.200 τόνους (Γαλόπουλος, 1996).

Οι παράγοντες, που συντελούν στην απόδοση μιας καλλιέργειας καπνού καθώς επίσης και στην ποιότητα του παραγόμενου καπνού είναι πολλοί. Ένας από τους σημαντικότερους είναι η οξύτητα του εδάφους. Μετρήσεις που έγιναν από το Καπνολογικό Ινστιτούτο Ελλάδος, κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, σε περισσότερα από 3500 δείγματα εδάφους όλων των καπνικών περιοχών έδειξαν ότι το 40% προέρχονταν από εδάφη ισχυρώς όξινα και από αυτά το 70% είναι

υπερβολικά όξινα (Τσοτσόλης, 1996). Ο κυριότερος λόγος δημιουργίας όξινων εδαφών στις περιοχές που καλλιεργείται καπνός είναι η συνεχής χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, κυρίως νιτρικών και αμμωνιακών. Η βελτίωση των όξινων εδαφών επιτυγχάνεται με την προσθήκη διαφόρων υλικών ασβέστωσης, που είναι γνωστά ως «γεωργική άσβεστος». Η ασβέστωση των εδαφών επηρεάζει τη διαθεσιμότητα ορισμένων θρεπτικών στοιχείων και υπό ορισμένες προϋποθέσεις μπορεί να προκαλέσει ελλείψεις αυτών, όπως συμβαίνει συχνά με το μικροστοιχείο βόριο (B) (Gupta, 1993).

Εκτός της ασβέστωσης, έχει αποδειχθεί ότι σημαντικά μπορεί να επηρεάζεται η απορρόφηση ορισμένων στοιχείων από τον καπνό και από την αναλογία νιτρικού και αμμωνιακού αζώτου (N) των αζωτούχων λιπασμάτων (Tancogne et al., 1989), προφανώς λόγω της διαφορετικής επίδρασης που έχει στην οξύτητα του εδάφους.

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να μελετηθεί η επίδραση της ασβέστωσης και της μορφής αζώτου στη απορρόφηση από τον καπνό του βορίου, ενός στοιχείου που έχει αποδειχθεί ότι η συμπεριφορά του επηρεάζεται έντονα από την οξύτητα του εδάφους (Gupta, 1993).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΠΝΟΥ

Α. ΓΕΝΙΚΑ

Ο καπνός ανήκει στο γένος *Nicotiana* της οικογένειας *Solanaceae*, η οποία υπάγεται στην τάξη *Tubiflorae*. Κατάγεται από την Αμερική. Τα πρώτα φύλλα καπνού εισήχθησαν στην Ευρώπη το 1519 και οι πρώτοι σπόροι στα μέσα του 16^{ου} αιώνα, οπότε και πρωτοκαλλιεργήθηκε στη Γαλλία και την Πορτογαλία ως διακοσμητικό και φαρμακευτικό φυτό. Στην Ελλάδα, πολλοί ιστορικοί υποστηρίζουν, ότι ο καπνός ήρθε από τον Εύξεινο Πόντο στην Κεντρική Μακεδονία και από τα παράλια της Μικράς Ασίας στην Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, στις αρχές του 18^{ου} αιώνα (Σφήκας, 1995).

Αν και είναι φυτό κατάγεται από τροπικά κλίματα, σήμερα καλλιεργείται σε ποικιλία εδαφοκλιματικών συνθηκών, από την Αυστραλία, που είναι το νοτιότερο άκρο καλλιέργειας του καπνού, μέχρι τις χώρες του Βορρά, όπως η Φιλανδία και η Σουηδία. Έτσι στην Ελλάδα, που είναι χώρα με αρκετές κλιματικές διαφορές από περιοχή σε περιοχή και με μεγάλη ποικιλία εδαφών, ο καπνός προσαρμόζεται και δίνει προϊόν καλής ποιότητας. Κυριότερα κέντρα παραγωγής καπνού είναι περιοχές της Κεντρικής Μακεδονίας, της Θεσσαλίας και της Ανατολικής και Δυτικής Στερεάς.

Οι ποικιλίες που καλλιεργούνται στην χώρα μας κατατάσσονται σε έξι ομάδες:

i. Τα αρωματικά,

ii. Τα ουδέτερα μη κλασσικά

iii. Τα ουδέτερα κλασσικά

iv. Τα γεύσεως

v. Τα virginia

vi. Τα burley

Τα αρωματικά, γεύσεως και ουδέτερα αποτελούν τα Ανατολικού τύπου καπνά, τα οποία αποτελούν την παλαιότερη και κυριότερη μορφή καπνοκαλλιέργειας στην Ελλάδα (Σφήκας, 1995).

Β. ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Β.1 Κλίμα

Από άποψη κλίματος, οι καλλιεργούμενοι τύποι καπνού στην Ελλάδα προτιμούν θερμοκρασίες μεταξύ 15-35 ^{0}C, με άριστη θερμοκρασία για γρήγορη και φυσιολογική ανάπτυξη του φυτού τους 26-27 ^{0}C.

Ο καπνός θεωρείται ανθεκτικό φυτό στη ξηρασία, ιδίως οι ανατολικές ποικιλίες του. Ωστόσο για σωστή ανάπτυξη και απόδοση του φυτού απαιτείται ικανοποιητική υγρασία. Συνθήκες ξηρασίας παρεμποδίζουν τη βλάστηση, προκαλώντας επίσης πρόωρη ωρίμανση και κάψιμο των κατώτερων φύλλων.

Το χαλάζι και ο άνεμος έχουν αρνητική επίδραση σε όλους τους τύπους καπνού. Οι ζημιές που προκαλεί το χαλάζι ποικίλλουν ανάλογα με το μέγεθος, την ένταση, τη διάρκεια και το στάδιο ανάπτυξης των φυτών. Όταν η καπνοκαλλιέργεια είναι ανεπτυγμένη, οι ζημιές αφορούν κυρίως τα φύλλα και έτσι βλάπτεται σοβαρά η ποσότητα και η ποιότητα του καπνού. Σε νεαρά φυτά η καταστροφή μπορεί να είναι ολική.

Ο άνεμος σε ανεπτυγμένες φυτείες, και ιδίως υψηλόσωμες ποικιλίες μπορεί να προκαλέσει σπάσιμο φυτών, τραυματισμούς φύλλων και άλλες ζημιές ανάλογα με την ένταση και τη διάρκεια του. Σε περιοχές που πλήττονται συχνά από ισχυρούς ανέμους φυτεύονται χαμηλού ύψους ποικιλίες ή αποφεύγεται η καπνοκαλλιέργεια.

Τέλος, και η ηλιοφάνεια επιδρά σημαντικά στην ανάπτυξη του καπνού. Πολύ μεγάλη έκθεση του φυτού στον ήλιο δημιουργεί φύλλα χονδρά, με παχιές νευρώσεις, σκουρότερο χρωματισμό και περισσότερο άρωμα. Αντίθετα, μικρή έκθεση στον ήλιο δημιουργεί φύλλα λεπτά, με λεπτές νευρώσεις και μικρό ειδικό βάρος.

Β. 2 Έδαφος

Μετά το κλίμα, το έδαφος σε συνδυασμό με τη λίπανση, την άρδευση και τις κατάλληλες λοιπές καλλιεργητικές φροντίδες, αποτελεί πρωταρχικό παράγοντα για επιτυχή καπνοκαλλιέργεια.

Υπάρχουν μεγάλες διαφορές στις εδαφικές απαιτήσεις των διαφόρων τύπων καπνού. Γενικά, όλοι οι τύποι καπνού δεν θα πρέπει να καλλιεργούνται σε ακραίες περιπτώσεις αμμωδών ή συνεκτικών εδαφών, καθώς επίσης σε αλατούχα, αλκαλιωμένα ή μη εδάφη και ιδίως αυτά με περίσσεια χλωρίου.

Τα Ανατολικά καπνά αξιοποιούν καλύτερα εδάφη μικρής γονιμότητας έως άγονα, τα οποία βρίσκονται σε λοφώδεις και ημιορεινές περιοχές με ποικίλη μηχανική σύσταση. Τα τελευταία χρόνια η καλλιέργεια των Ανατολικών καπνών έχει επεκταθεί και σε πεδιάδες, όπου όμως χρειάζεται προσοχή, γιατί πρέπει να αποφεύγονται γόνιμα χωράφια ή χωράφια των οποίων η προηγούμενη καλλιέργεια έχει δεχθεί ισχυρή λίπανση, ιδίως αζωτούχο.

Τα καπνά *Virginia* αναπτύσσονται καλύτερα σε εδάφη αρδευόμενα, αμμώδη, πηλοαμμώδη ή αμμοπηλώδη που στραγγίζουν καλά και είναι φτωχά σε άζωτο και οργανική ουσία.

Τέλος, τα καπνά *Burley* προτιμούν συνεκτικά εδάφη, αρδευόμενα, γόνιμα, πλούσια σε οργανική ουσία ή υπολειμματικό άζωτο.

Β.2.1 Οξύτητα Εδάφους

Ο καπνός, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι φυτό πολύ ευαίσθητο στην εδαφική οξύτητα. Αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε ελαφρώς όξινα εδάφη με pH 5,5 και πάνω, αλλά έχει σημαντικό πρόβλημα σε όξινα εδάφη με pH από 4 μέχρι και 5,5. Η κατάλληλη τιμή εδαφικού pH για τα Ανατολικού τύπου καπνά είναι γύρω στο 6,5 και για τα *Burley* και τα *Virginia* το 6. Στη Φωτογραφία 2 (Παράρτημα) φαίνεται καλλιέργεια καπνού σε ισχυρά όξινο έδαφος.

Η οξύτητα του εδάφους, μέτρο της οποίας είναι το pH, επηρεάζει σημαντικά τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων και κυρίως του μαγγανίου (Mn), του μολυβδαινίου (Mo) και του βορίου (B). Σε ισχυρά όξινα εδάφη η συγκέντρωση του διαθέσιμου στα φυτά Mn είναι πολύ αυξημένη με αποτέλεσμα να δημιουργείται τοξικότητα του στοιχείου αυτού (Φωτογραφία 7 - Παράρτημα) με σοβαρές επιπτώσεις στην απόδοση και την ποιότητα του καπνού. Το Mo επηρεάζεται με αντίστροφο τρόπο σε σύγκριση με το Mn. Έτσι σε ισχυρά όξινα εδάφη παρατηρείται έλλειψη Mo (Sims and Wells, 1964).

Από τα παραπάνω είναι φανερό, ότι η βελτίωση των όξινων εδαφών επιβάλλεται όταν η τιμή του εδαφικού pH μειωθεί κάτω του 5,5. Η αύξηση του pH επιτυγχάνεται με την προσθήκη στο έδαφος διαφόρων υλικών ασβέστωσης, όπως το ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$), ο δολομίτης ($CaCO_3MgCO_3$), το οξείδιο του ασβεστίου (CaO), η υδράσβεστος εμπορίου [$Ca(OH)_2$] και η ασβεστοϊλύς της Ελληνικής Βιομηχανίας Ζάχαρης. Οποιοδήποτε υλικό ασβέστωσης και αν χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει να είναι σε κατάσταση ξηρής σκόνης , δηλαδή πολύ καλά λειοτριβημένο. Όσο πιο λεπτόκοκκο είναι το υλικό ασβέστωσης, τόσο πιο γρήγορα θα δράσει στο έδαφος. Η διασπορά της ασβέστου γίνεται με ειδικούς διανομείς (Φωτογραφία 3 - Παράρτημα) ή με οποιοδήποτε άλλο πρόσφορο τρόπο. Έχει πολύ

μεγάλη σημασία να διασκορπιστεί το υλικό ομοιόμορφα σε όλη την επιφάνεια εδάφους που θέλουμε να προσθέσουμε άσβεστο.

Γ. ΘΡΕΠΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Τα θρεπτικά στοιχεία σχετίζονται στενά με την ποσοτική και ποιοτική απόδοση του καπνού. Σε ακραίες περιπτώσεις ελλείψεως ή πλεονασμού μπορεί να επιδράσουν και επί της υγείας των φυτών γενικότερα.

Από τα θρεπτικά στοιχεία που έχει ανάγκη ο καπνός την πιο μεγάλη σημασία έχουν το Άζωτο (N), ο Φώσφορος (P) και το Κάλιο (K). Αυτά τα τρία κύρια στοιχεία είναι συνήθως που προστίθενται στο έδαφος με χημικά λιπάσματα, προκειμένου να βελτιώσουμε την επάρκεια του εδάφους ή τη διαθεσιμότητα των στοιχείων αυτών. Εκτός από τα κύρια θρεπτικά στοιχεία, ο καπνός έχει ανάγκη και από άλλα θρεπτικά στοιχεία, όπως Μαγνήσιο (Mg), Ασβέστιο (Ca), Χλώριο (Cl) και Βόριο (B) (Ντζάνης, 1995)

Οι απαιτήσεις του καπνού σε θρεπτικά στοιχεία δεν είναι η ίδια για όλους τους τύπους. Τις μεγαλύτερες απαιτήσεις έχουν τα καπνά *Burley*, ακολουθούν τα *Virginia* και μετά τα Ανατολικού τύπου τα οποία έχουν συγκριτικά τις λιγότερες απαιτήσεις.

ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ	VIRGINIA	BURLEY
Άζωτο (N)	10	15	27
Φώσφορος (P)	1	3	4
Κάλιο (K)	15	30	32

*Οι παραπάνω ποσότητες θρεπτικών αναφέρονται σε χλγ/στρ

Γ.1 Άζωτο

Το άζωτο έχει τη σημαντικότερη επίδραση από όλα τα υπόλοιπα στοιχεία τόσο στην ανάπτυξη, όσο και στα χημικά χαρακτηριστικά του καπνού. Αποτελεί συστατικό του πρωτοπλάσματος, της νικοτίνης, της χλωροφύλλης και άλλων σπουδαίων ουσιών του φύλλου. Είναι το στοιχείο για το οποίο απαιτείται η μεγαλύτερη προσοχή στη χρησιμοποίηση του για τη λίπανση των φυτών, επειδή τα επηρεάζει πολύ σε όλα τα στάδια της αναπτύξεως τους (Ντζάνης, 1995).

Σε συνθήκες ανεπάρκειας αζώτου έχουμε κακή ανάπτυξη των φυτών, μικρές αποδόσεις και παραγωγή φύλλων κακής ποιότητας με ανοιχτό' ξεπλυμένο κίτρινο χρωματισμό, αχυρώδη εμφάνιση, αδύνατο σώμα (Φωτογραφία 4 - Παράρτημα) και δυσάρεστο κάπνισμα. Αντίθετα επάρκεια αζώτου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των αποδόσεων και της ποιότητας. Όταν όμως ο εφοδιασμός των φυτών με άζωτο μεγαλώνει από την επάρκεια στην περίσσεια, οι αποδόσεις δεν αυξάνουν ανάλογα και η ποιότητα πέφτει δραματικά (Σφήκας, 1995).

Πολύ μεγάλη σημασία έχει και η μορφή αζώτου για τη θρέψη του καπνού. Η μορφή του παρεχόμενου αζώτου μπορεί να επηρεάσει την πρόσληψη και το μεταβολισμό του σε συνδυασμό με τη φωτοσύνθεση και γενικά την ανάπτυξη του καπνού. Ο καπνός συνήθως προσλαμβάνει νιτρικό ή αμμωνιακό άζωτο. Επίσης από τα φύλλα μπορεί να πάρει και μικρές ποσότητες ουρίας.

Η πρόσληψη της μιας ή της άλλης μορφής του αζώτου επηρεάζεται από την ηλικία των φυτών και από την σύνθεση και το pH του εδαφικού διαλύματος. Στην αρχή οι δυο μορφές προσλαμβάνονται εξ ίσου καλά, με την πάροδο του χρόνου όμως υπερέχει η πρόσληψη του νιτρικού.

Για την εφαρμογή της λιπάνσεως πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι συνθήκες μετατροπής της αμμωνιακής σε νιτρική καθώς και οι κίνδυνοι εκπλύσεως, ανάλογα

με την μηχανική σύσταση του εδάφους. Η μορφή του αζώτου μπορεί επίσης να επηρεάσει την πρόσληψη ανιόντων ή κατιόντων, ενδεχομένως και τη μετακίνησή τους στο φυτό (Σφήκας, 1995).

Γ.2 Φωσφόρος

Ο φωσφόρος είναι το δεύτερο από τα τρία κύρια θρεπτικά στοιχεία που απαιτεί ο καπνός. Χρησιμεύει στο φυτό για τη σύνθεση των πρωτεϊνών, των υδατανθράκων και άλλων σημαντικής σημασίας ουσιών. Χρησιμοποιείται σχεδόν πάντοτε στη λίπανση του καπνού ακόμα και σε εδάφη πλούσια σε φώσφορο, επειδή πάντα βοηθά το ριζικό σύστημα και την ανάπτυξη των νεαρών φυτών και, αν δεν ωφελήσει, δεν πρόκειται να βλάψει το προϊόν παρά μόνο σε μεγάλες δόσεις (Ντζάνης, 1995).

Η έλλειψη φωσφόρου προκαλεί επιβράδυνση της αναπτύξεως, ιδίως κατά τον πρώτο μήνα από την μεταφύτευση. Η ωρίμανση των φυτών οψιμίζει, τα φύλλα γίνονται στενότερα, πλούσια σε άζωτο -αν υπάρχει διαθέσιμο- με αφύσικα πράσινο χρώμα. Τα κατώτερα φύλλα μπορεί να παρουσιάσουν κηλίδες. Το ξηρό προϊόν διατηρεί έντονη πράσινη απόχρωση και γενικά στερείται στιλπνότητας. Αντίθετα, η επάρκεια φωσφόρου βοηθά στη γρήγορη ανάπτυξη των φυτών και στη πρωίμιση της ωριμάνσεως και δίνει ανοιχτόχρωμο προιόν, χωρίς πράσινη απόχρωση (Σφήκας, 1995).

Γ.3 Κάλιο

Συγκριτικά με τα άλλα στοιχεία, το κάλιο προσλαμβάνεται στη μεγαλύτερη αναλογία, αποτελεί το κύριο συστατικό της τέφρας του καπνού και η περιεκτικότητα

του ξηρού προϊόντος στο στοιχείο αυτό συχνά χρησιμοποιείται ως δείκτης για την ποιότητα του καπνού.

Το κάλιο δεν φαίνεται να επιδρά στην πρωιμότητα και την ωρίμανση των φύλλων, αυξάνει όμως τη σπαργή των κυττάρων, τη ζωηρότητα των φυτών και την αντοχή τους στην ξηρασία. Επίσης, επιδρά στο προϊόν βελτιώνοντας σημαντικά τα φυσικά χαρακτηριστικά του και την καυσιμότητα.

Επάρκεια καλίου επιδρά θετικά στα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του καπνού βελτιώνοντας τη λεπτότητα, σπλινότητα, ελαστικότητα και υγροσκοπικότητα των φύλλων. Αντίθετα, η ανεπάρκεια προκαλεί χλωρωτικά φαινόμενα στην περιφέρεια των φύλλων, κάμψη του άκρου αυτών προς τα κάτω, που προοδευτικά παίρνουν καφέ χρωματισμό και νεκρώνονται δίνοντας τελικά υποβαθμισμένης ποιότητας προϊόν (Φωτογραφία 5 - Παράρτημα).

Ελλείψεις καλίου παρατηρούνται κυρίως σε ελαφρά εδάφη και σε γρήγορα αναπτυσσόμενες φυτείες. Οι ελλείψεις αυτές μπορεί να γίνουν εντονότερες σε εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις αζώτου, ιδιαίτερα αμμωνιακής μορφής, και με υψηλά επίπεδα μαγγανίου ή θείου.

Περιεκτικότητα των φύλλων σε κάλιο μικρότερη από 1,5% είναι δείκτης έλλειψης καλίου και συνήθως οδηγεί σε τροφοπενικά συμπτώματα (Ντζάνης, 1995).

Γ.4 Ασβέστιο

Το ασβέστιο μαζί με το κάλιο αποτελούν το 50% της τέφρας του καπνού, αφού είναι το δεύτερο στοιχείο μετά το κάλιο που προσλαμβάνεται σε μεγάλες ποσότητες. Παίζει δε σημαντικό ρόλο στις εδαφικές διαδικασίες και την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων.

ΤΜΗΜΑ
ΕΚΔΟΣΕΩΝ & ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ

Έλλειψη ασβεστίου προκαλεί νέκρωση του ακραίου οφθαλμού, άγονη ή ατροφική ταξιανθία, χλωρωτικά και χονδρά κορυφόφυλλα που κάμπτονται προς τα κάτω. Επίσης η έλλειψη μειώνει τα σάκχαρα και τα οργανικά οξέα του ξηρού φύλλου και αυξάνει την περιεκτικότητα σε ελεύθερα αμινοξέα. Αντίθετα, η περίσσεια ασβεστίου επιμηκύνει την βλαστική περίοδο και μειώνει την καυσιμότητα λόγω ανταγωνισμού προς το κάλιο.

Η περιεκτικότητα των φύλλων του καπνού σε ασβέστιο κυμαίνεται σε σχετικά ευρέα όρια μεταξύ 2 και 4,5% ξηρού βάρους (Ντζάνης, 1995).

Γ.5 Μαγνήσιο

Το μαγνήσιο είναι συστατικό της χλωροφύλλης και παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών. Η έλλειψη Mg προκαλεί τυπική μεσονεύρια χλώρωση, που αρχίζει από την άκρη και την περιφέρεια και προχωρεί προς τη βάση του φύλλου, ενώ τα νεύρα παραμένουν πράσινα. Σε σοβαρές ελλείψεις ο αποχρωματισμός αυτός εξελίσσεται σε χαρακτηριστική λεύκανση των μεσονεύριων χώρων δίνοντας ψευδή εικόνα ωρίμανσης (Φωτογραφία 6 – Παράρτημα) . Το ξηρό προϊόν, που προέρχεται απο τροφοπενίες Mg, στερείται στιλπνότητας και ελαστικότητας, είναι λεπτό και χαρτώδες, έχει κακή καυσιμότητα και δυσάρεστη γεύση καπνίσματος.

Τροφοπενίες Mg παρατηρούνται συνήθως σε ελαφρά αμμώδη εδάφη ιδιαίτερα σε περιοχές που δέχονται μεγάλες βροχοπτώσεις ή υπερβολικές αρδεύσεις, καθώς και σε όξινα εδάφη. Επειδή όμως για πολλά χρόνια το Mg δεν είχε χρησιμοποιηθεί σε εφαρμοσμένες λιπάνσεις, ελλείψεις παρουσιάζονται και σε άλλους τύπους εδαφών όπου το στοιχείο έχει εξαντληθεί. Συνθήκες έλλειψης Mg μπορεί επίσης να δημιουργηθούν και σε εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου και καλίου, λόγω ανταγωνισμού.

Η περιεκτικότητα των φύλλων σε μαγνήσιο κυμαίνεται από 0,25 μέχρι 0,9% αν και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να ξεπεράσει ελαφρώς το 1%. Συμπτώματα έλλειψης συνήθως εκδηλώνονται όταν η περιεκτικότητα των καπνόφυλλων πέσει κάτω του 0,2% (Ντζάνης, 1995).

Γ.6 Βόριο

Γ.6.1. Θρέψη καπνού με βόριο

Το βόριο σε μικρές ποσότητες είναι στοιχείο απαραίτητο για τον καπνό. Έλλειψη παρουσιάζεται σε εδάφη με αντίδραση αλκαλική ή ουδέτερη, όπου γίνεται μη αφομοιώσιμο, αλλά έχουν παρουσιαστεί τροφοπενίες βορίου και σε εδάφη με πολύ χαμηλό pH .

Το βόριο είναι γενικά δυσκίνητο στοιχείο εντός των φυτών. Η έλλειψη του παρουσιάζεται στα νέα τμήματα του φυτού, σε γρήγορα αναπτυσσόμενες φυτείες και χαρακτηρίζεται από αναστολή της αύξησης, νέκρωση του κορυφαίου αλλά και των πλαγίων οφθαλμών που βρίσκονται κοντά στην κορυφή καθώς και παραμόρφωση των φύλλων που γίνονται πριονωτά (Φωτογραφία 8 - Παράρτημα).

Συγκεντρώσεις βορίου κάτω από 5,5-6 ppm οδηγούν σε συμπτώματα έλλειψης, ενώ σε φυτά με κανονική ανάπτυξη η συγκέντρωση Β είναι περίπου 25-28 ppm. Εδάφη με περιεκτικότητα σε βόριο 2 ppm θεωρούνται οριακά για την ανάπτυξη των φυτών (Mills and Jones, 1991).

Σε περιπτώσεις έλλειψης Β συνιστάται η προσθήκη στο έδαφος 1-1,5 χγρ βόρακα ανά στρέμμα ή φυλλοψεκασμός με διάλυμα 0,2% βόρακα. Επειδή τα όρια μεταξύ έλλειψης και τοξικότητας βορίου είναι στενά, χρειάζεται μεγάλη προσοχή στις εφαρμογές λιπάνσεων με βόριο οποιασδήποτε μορφής (Ντζάνης,1995).

Γ.6.2 Μορφές Βορίου στο Έδαφος

Όπως όλα τα μικροθρεπτικά στοιχεία των φυτών, έτσι και το Β βρίσκεται στο έδαφος σε χημικές "δεξαμενες", οι οποίες μπορεί να είναι (Evans and Sparks, 1983)

a) Υδατοδιαλυτά ιόντα

b) Ανταλλάξιμα ιόντα

c) Προσροφημένα ή ιόντα σε χηλικές ή σύμπλοκες μορφές

d) Δευτερογενή αργιλλικά ορυκτά και οξείδια μετάλλων

e) Πρωτογενή ορυκτά

Το βόριο που προέρχεται από τις παραπάνω πηγές δεν είναι όλο διαθέσιμο στα φυτά. Μόνο ένα μικρό ποσοστό αυτού μπορεί να απορροφάται από αυτά. Γενικά πολύ λιγότερο του 5% του ολικού Β είναι διαθέσιμο στα φυτά (Gupta,1968). Οι κυριότερες πηγές του διαθέσιμου Β είναι τα υδατοδιαλυτά, τα ανταλλάξιμα και τα προσροφημένα στην επιφάνεια των κολλοειδών ιόντα.

Γ.6.3 Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Διαθεσιμότητα του Βορίου

Οι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά τα διαθεσιμότητα του βορίου στα φυτά είναι:

- Το εδαφικό pH
- Το ασβέστιο (Ca)
- Το μαγνήσιο (Mg)
- Η κοκκομετρική σύσταση
- Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες

Ο σημαντικότερος από τους παραπάνω παράγοντες είναι το pH. Γενικά η αύξηση του pH μειώνει τη διαθεσιμότητα αυτού, όπως διαπιστώθηκε από πάρα πολλούς ερευνητές (Gupta, 1979, Wear and Patterson, 1962). Η σχέση όμως αυτή δεν είναι

σταθερή σε όλο το εύρος pH αλλά παρατηρούνται αποκλίσεις που οφείλονται σε διάφορους παράγοντες, όπως π.χ στο είδος του φυτού.

Σημαντική επίδραση στη διαθεσιμότητα του βορίου φαίνεται ότι έχει και η ασβέστωση όξινων εδαφών. Γενικά, η ασβέστωση των εδαφών οδηγεί σε μείωση του διαθέσιμου βορίου και κατα συνέπεια σε μείωση της απορρόφησης του από τα φυτά (Gupta, 1979).

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Α. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας εγκαταστάθηκε πείραμα το έτος 1995 στην Πιερία από τον Σταθμό Ερεύνης Κατερίνης που περιλάμβανε τα ακόλουθα:

Τοποθεσία: Κτηματική περιοχή Κοινότητας Βρύων Ν. Πιερίας.

Έδαφος: Typic Haploxeralf (ΙΧΤΕΛ, 1995) με pH 5.46, το οποίο ασβεστώθηκε στις 6/4/1995 με ασβεστοϊλύ του εργοστασίου ζαχάρεως Πλατέος. Η μηχανική σύσταση του εδάφους ήταν : άμμος 41,93%, ιλύς 21,33% και άργιλλος 30,6%.

Το πείραμα ήταν παραγοντικό 3x3 ως εξής:

Παράγοντας Α: Δόσεις $CaCO_3$, οι οποίες περιλάμβαναν:

Μεταχείριση	Ποσότητα $CaCO_3$, kg/στρ
Lo	0
L1	400
L2	800

Παράγοντας Β: Αναλογία νιτρικού/αμμωνιακό άζωτο, η οποία περιλάμβανε την ακόλουθη βασική λίπανση:

Μεταχείριση	Αναλογία μορφών αζώτου
N1	Νιτρικό άζωτο 100 %, Αμμωνιακό άζωτο 0 %
N2	Νιτρικό άζωτο 0 %, Αμμωνιακό άζωτο 100 %
N3	Νιτρικό άζωτο 50 %, Αμμωνιακό άζωτο 50 %

Οι δύο παράγοντες, της ασβέστωσης (Α) σε τρεις δόσεις και η μορφή αζώτου της αζωτούχου λίπανσης σε τρεις αναλογίες νιτρικού/αμμωνιακό άζωτο (Β)

συνδυαζόμενοι παραγοντικά (Hoshmand, 1994) έδωσαν A x B = 3 x 3 = 9 αντικείμενα μελέτης, τα οποία ήταν τα ακόλουθα:

Αντικείμενα μελέτης ή επεμβάσεις:

Α/Α	Ασβέστωση (CaCO3, kg/στρ.)	Αναλογία μορφών αζώτου	
		Νιτρικό άζωτο, %	Αμμωνιακό άζωτο, %
1	0	100	0
2	0	0	100
3	0	50	50
4	400	100	0
5	400	0	100
6	400	50	50
7	800	100	0
8	800	0	10
9	800	50	50

Οι επαναλήψεις των αντικειμένων μελέτης ήταν τέσσερις και το πειραματικό σχέδιο πλήρεις τυχαιοποιημένες ομάδες. Το πειραματικό τεμάχιο ασβέστωσης και λίπανσης είχε διαστάσεις 10.35x8.80 m = 91.10 m^2, το τεμάχιο φύτευσης με καπνοφυτάρια 9.90x8.80 m = 87.12 m^2 και το πειραματικό τεμάχιο συλλογής καπνού, παρατηρήσεων και δειγματοληψίας εδάφους 6.30x5.20 m = 32.76 m^2. Το πειραματικό τεμάχιο δειγματοληψίας εδάφους και συλλογής καπνού ήταν στο κέντρο του πειραματικού τεμαχίου ασβέστωσης - λίπανσης - και φύτευσης με καπνό και περιβάλλονταν με μια προφυλακτική λωρίδα καπνοφυτείας πλάτους 1.80 m.

Η λίπανση του καπνού ήταν μόνο βασική με N-P-K-Mg: 3-6-30-5 kg/στρ. και γίνονταν 1 έως 3 ημέρες πριν από τη μεταφύτευση των καπνοφυταρίων. Τα

λιπάσματα που χρησιμοποιούνταν ήταν το νιτρικό κάλι (13-0-46), η ασβεστούχος νιτρική αμμωνία (26-0-0), η θειϊκή αμμωνία (21-0-0), το θειϊκό κάλι (0-0-50), το θειϊκό κάλιο-μαγνήσιο (0-0-30-10) και το υπερφωσφορικό (0-46-0). Το πείραμα φυτεύθηκε με καπνοφυτάρια της ποικιλίας Κατερίνης (Σαμψούς 53) σε αποστάσεις 45 cm μεταξύ των γραμμών φύτευσης και 10 cm μεταξύ των φυτών πάνω στην ίδια γραμμή φύτευσης. Το πείραμα ήταν ποτιστικό. Οι αρδεύσεις της καπνοφυτείας γίνονταν με τεχνητή βροχή. Οι αρδεύσεις, τα σκαλίσματα, η καταπολέμηση εχθρών και ασθενειών και οι λοιπές καλλιεργητικές φροντίδες γίνονταν σύμφωνα με τις οδηγίες της καλλιέργειας καπνών Κατερίνης του Καπνικού Σταθμού Έρευνας Κατερίνης.

Β. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ - ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Β.1 Φυτών

Η συλλογή των καπνοφύλλων έγινε σε 4 «χέρια» συλλογής καπνού ενώ η ξήρανση του καπνού γίνονταν στον ήλιο. Ο ξηρός καπνός με τη χωρική επεξεργασία χωρίζονταν σε εμπορεύσιμο και μη εμπορεύσιμο και ζυγίζονταν. Ο εμπορεύσιμος καπνός εξετάζονταν ποιοτικά και βαθμολογούνταν. Από τον εμπορεύσιμο καπνό κάθε «χεριού» και κάθε πειραματικού τεμαχίου παίρνονταν δείγμα 30 % του βάρους για αναλύσεις - μετρήσεις. Τα δείγματα όλων των «χεριών» συλλογής καπνού της ίδιας εσοδείας κάθε πειραματικού τεμαχίου ενώνονταν σε ένα σύνθετο δείγμα. Ένα μέρος του δείγματος αυτού ξηραίνονταν στους 65° C και αλέθονταν σε μύλο (Wiley mill) για να περάσει από κόσκινο 1 mm. Το αλεσμένο αυτό δείγμα χρησιμοποιούνταν για τον προσδιορισμό του καλίου (K), ασβεστίου (Ca) , μαγνησίου (Mg) και βορίου (B). Η μέτρηση του K έγινε με φλογοφωτόμετρο ύστερα από ξηρή καύση, ενώ του Ca και Mg με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης. Το B μετρήθηκε με τη

μέθοδο της Azomethine-H (Bingham, 1982) με φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 420 nm.

Β.2 Εδάφους

Σύνθετα δείγματα εδάφους 0-20 και 20-40 cm πάρθηκαν μετά το τέλος συλλογής των καπνοφύλλων από κάθε πειραματικό τεμάχιο. Τα δείγματα αυτά πριν την ανάλυσή τους αεροξηράνθηκαν, λειοτριβήθηκαν και κοσκινίσθηκαν με κόσκινο 2 mm. Στα δείγματα αυτά προσδιορίσθηκαν το pH σε αιώρημα εδάφους:νερού 1:1, τα ανταλλάξιμα κατιόντα K, Ca, Mg και το B με τη μέθοδο του ζέοντος 0.01*M* $CaCl_2$. Το B στο εκχύλισμα προσδιορίσθηκε με τη μέθοδο της Azomethine-H που αναφέρθηκε προηγούμενα. Οι σχετικές διαδικασίες για τις υπόλοιπους προσδιορισμούς περιγράφονται από τους Page et al. (1982). Συνοπτικά οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται παρακάτω.

Β. 3 Μέθοδοι Αναλύσεων

1. pH

Το pH μετρήθηκε σε υδατικό αιώρημα εδάφους- νερού σε αναλογία 1:1 ύστερα από ανάδευση και εξισορρόπηση επί μια ώρα (McLean, 1982).

2. Ανταλλάξιμα Κατιόντα

Προσδιορίστηκαν μετά από εκχύλιση με διάλυμα NH_4OAc (pH 7.0) και μέτρηση στο εκχύλισμα το μεν K^+ με φλογοφωτόμετρο τα δε Ca^{++} και Mg^{++} με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης, όπως έχει ήδη αναφερθεί (Thomas, 1982).

Κατά την εκχύλιση, σε 4 g εδάφους προστέθηκαν 33 ml NH_4OAc, το διάλυμα τοποθετήθηκε στον αναδευτήρα για 5 min, και κατόπιν στη φυγόκεντρο για 4 min στις 2100 στροφές/min. Στη συνέχεια διηθήθηκε και τα κατιόντα στο εκχύλισμα

μετρήθηκαν με τα αντίστοιχα όργανα. Η παραπάνω διαδικασία επαναλήφθηκε 3 φορές.

3. Μέθοδος Προσδιορισμού του Βορίου στο Έδαφος και στα Φύλλα

Το βόριο στο έδαφος προσδιορίστηκε με τη μέθοδο του ζέοντος 0,01*M* $CaCl_2$. Σύμφωνα με αυτή εκχυλίστηκε με βρασμό ποσότητα εδάφους 10 g σε 20 ml 0,001*M* $CaCl_2$ επί 5 min κάτω από ψυκτήρα για συμπύκνωση των παραγομένων υδρατμών. Ακολουθεί διήθηση, από το εκχύλισμα λαμβάνεται 1 ml και προσδιορίζεται το βόριο με τη μέθοδο της Azomethine-H (Bingham, 1982).

Η ίδια μέθοδος της Azomethine-H ακολουθήθηκε και για τον προσδιορισμό του B στα φύλλα ύστερα από καύση τους για 24h.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Α. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΒΕΣΤΩΣΗΣ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΤΟΥ ΒΟΡΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΑΠΝΟ

Α.1. Εδαφικό pH

Η ασβέστωση του εδάφους αύξησε σημαντικά το pH τόσο στο επιφανειακό (0-20 cm) όσο και το υπο-επιφανειακό έδαφος (20-40 cm). Στο πρώτο βάθος το pH αυξήθηκε αναλογικά με την ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου από 5.34 – 5.41 στους μάρτυρες (μεταχειρίσεις χωρίς ανθρακικό ασβέστιο, LON1, LON2, LON3) μέχρι 6.00 – 6.76 στις μεταχειρίσεις που δέχθηκαν τη μεγαλύτερη ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου (L2N1, L2N2, L2N3) (Πίνακας 1). Ανάλογη αύξηση και επίδραση στο pH, αλλά ηπιότερη καταγράφηκε και στο υπο-επιφανειακό έδαφος, στο οποίο αυξήθηκε από 5.32 – 5.48 στους μάρτυρες έως 6.00 – 6.21 στις μεταχειρίσεις με τη μεγαλύτερη ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου.

Α.2. Ανταλλάξιμα κατιόντα

Το ανταλλάξιμο Ca ακολούθησε την τάση του εδαφικού pH. Από 752 – 763 ppm στους μάρτυρες αυξήθηκε σταδιακά έως 1345 ppm στη μεταχείριση L2N3. Μεταξύ των δύο αυτών παραγόντων υπάρχει πολύ ισχυρή συσχέτιση (r=0.86***), όπως φαίνεται στον Πίνακα 2. Τα άλλα ανταλλάξιμα κατιόντα K και Mg δεν επηρεάσθηκαν σημαντικά από την ασβέστωση (Πίνακας 1). Το ανταλλάξιμο K κυμάνθηκε περί τα 200 ppm που θεωρείται ικανοποιητικό για τις περισσότερες καλλιέργειες (Mills and Jones, 1991), όπως και το Mg που κυμάνθηκε από 140 – 170 περίπου ppm. Τα δύο αυτά τελευταία κατιόντα δεν συσχετίσθηκαν με το εδαφικό pH (Πίνακας 2).

Πίνακας 1. Επίδραση της ασβέστωσης στο pH του εδάφους, το διαθέσιμο εδαφικό βόριο, τα βασικά ανταλλάξιμα κατιόντα και στη συγκεντρωση βορίου και βασικών κατιόντων στα φύλλα του καπνού

Μεταχείριση	pH	pH	Διαθέσιμο B	Ανταλλάξιμα κατιόντα			Συγκέντρωση στα φύλλα του καπνού				Λόγος συγκέντρωσης στα φύλλα	
				Ca	K	Mg	B	Ca	Mg	K	Ca/B	K/B
	0-20 cm	20-40 cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	%		
LON1*	5.41a**	5.48abc	0.30de	752a	231ab	163ab	25.8e	0.76a	0.49ab	1.36a	331a	55a
LON2	5.34a	5.32a	0.35 e	756a	222ab	166ab	20.67d	0.99ab	0.51b	1.48a	476a	70ab
LON3	5.34a	5.38ab	0.24cde	763a	226ab	171ab	20.10cd	0.76a	0.49ab	1.40a	390a	70ab
L1N1	6.16b	5.98de	0.10bcd	1135bcd	239b	193b	16.50ab	1.02ab	0.46ab	1.54a	631abc	95bc
L1N2	6.02b	5.73bcd	0.09a	951ab	227ab	142a	15.60a	1.35bc	0.47ab	1.57a	889bcd	103c
L1N3	6.25bc	5.76cd	0.06a	1036bc	201ab	140a	17.30abc	1.01ab	0.42a	1.46a	601ab	85bc
L2N1	6.60cd	6.15e	0.10ab	1246cd	220ab	151ab	15.10a	1.60c	0.45ab	1.41a	1084d	94bc
L2N2	6.62d	6.00de	0.13abc	1194cd	212ab	146ab	14.60a	1.53c	0.47ab	1.44a	1080d	101c
L2N3	6.76d	6.21e	0.14abc	1345d	192a	139a	14.90a	1.39c	0.43ab	1.33a	942cd	92bc

*Για τη σημασία των συμβόλων βλέπε κείμενο.

**Αριθμοί στην ίδια στήλη ακολουθούμενοι από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο πιθανότητας $P<0.05$ σύμφωνα με το test της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς

Η μορφή του αζώτου της αζωτούχου λίπανσης που εφαρμόσθηκε δεν φαίνεται να επηρέασε σημαντικά τόσο το pH, όσο και τη συγκέντρωση των ανταλλάξιμων κατιόντων (Πίνακας 1).

Α.3. Διαθέσιμο εδαφικό Βόριο

Το διαθέσιμο εδαφικό Β επηρεάσθηκε στατιστικά σημαντικά από την ασβέστωση. Συγκεκριμένα καταγράφηκε σαφής τάση μείωσης αυτού τόσο στους μάρτυρες όσο και στις μεταχειρίσεις με τις μεγαλύτερες ποσότητες ανθρακικού ασβεστίου. Στους μάρτυρες κυμάνθηκε από 0.24 – έως 0.30 ppm (Πίνακας 1), συγκέντρωση η οποία θεωρείται ικανοποιητική για τον καπνό (Gupta et al, 1985). Στις μεταχειρίσεις με ανθρακικό ασβέστιο μειώθηκε μέχρι 0.06 ppm στη μεταχείριση L1N3, συγκέντρωση, η οποία θεωρείται ανεπαρκής για τον καπνό (Gupta et al, 1985). Φαίνεται επομένως καθαρά από τα αποτελέσματα του πειράματος αυτού ότι η ασβέστωση μειώνει την συγκέντρωση του διαθέσιμου εδαφικού Β σε τροφοπενικά επίπεδα. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με όσα βρέθηκαν και από πολλούς άλλους. Αυτό σημαίνει ότι σε περιπτώσεις ασβέστωσης όξινων εδαφών πρέπει να ελέγχεται το διαθέσιμο εδαφικό Β για την αποφυγή πρόκλησης τροφοπενιών στις καλλιέργειες.

Το διαθέσιμο Β συσχετίσθηκε σημαντικά με αρνητικό τρόπο με το εδαφικό pH καθώς και το ανταλλάξιμο Ca (συντελεστές συσχέτισης r=-0.58***, r=-0.39*) αντίστοιχα. (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Συσχέτιση ορισμένων εδαφικών ιδιοτήτων με τη συγκέντρωση Β στα φύλλα του καπνού

	Ιδιότητα	1	2	3	4	5	6
1	Β φύλλων	-	0.45**	-0.71***	-0.59***	0.17ns	0.39*
2	Διαθέσιμο Β		-	-0.58***	-0.39*	0.29ns	-0.01ns
3	pH			-	0.86***	-0.11ns	-0.10ns
4	Ανταλ. Ca				-	0.33ns	0.18ns
5	Ανταλ. Mg					-	0.61***
6	Ανταλ. K						-

*, **, *** Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο πιθανότητας P<0.05, P<0.01 και P<0.001
ns: στατιστικά μη σημαντικό

Α.4. Απορρόφηση Βορίου

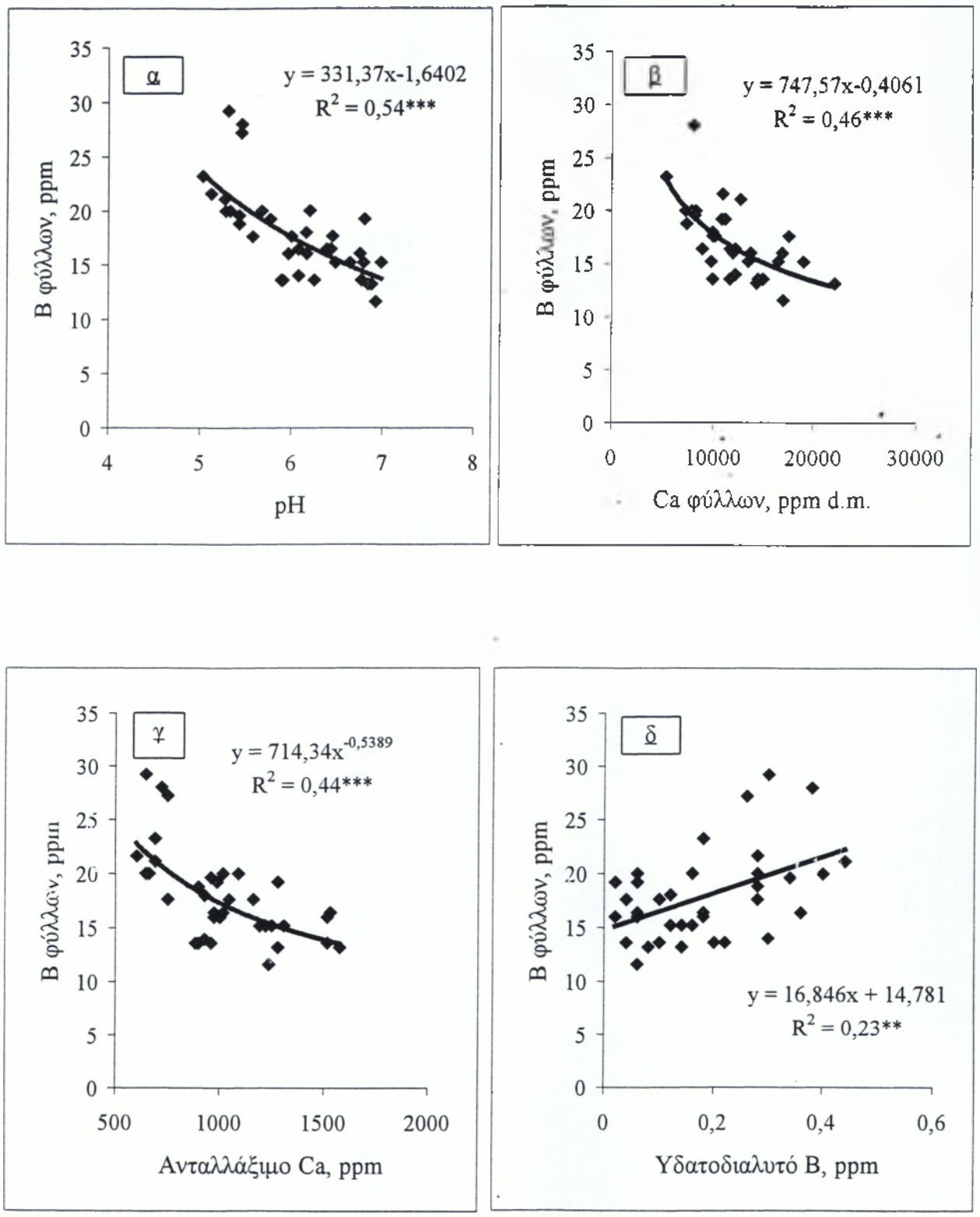
Η απορρόφηση του Β από τον καπνό, όπως αυτή εκφράζεται μέσω της συγκέντρωσης αυτού στην ξηρή ουσία των φύλλων, επηρεάσθηκε πολύ ισχυρά από την ασβέστωση του εδάφους. Στους μάρτυρες η συγκέντρωση του Β ήταν μεγαλύτερη των 20 ppm που θεωρείται ως επίπεδο επάρκειας για τον καπνό (Mills and Jones, 1991), ενώ στις άλλες μεταχειρίσεις που περιλάμβαναν προσθήκη ανθρακικού ασβεστίου μειώθηκε σταδιακά φθάνοντας σε τροφοπενικά επίπεδα. Συγκεκριμένα στις μεταχειρίσεις αυτές μειώθηκε μέχρι 14.90 ppm (Πίνακας 1). Άρα η ασβέστωση του εδάφους σε τέτοια εδάφη προκαλεί τροφοπενία Β στον καπνό και πρέπει να συνοδεύεται με βοριούχο λίπανση για να αποφευχθεί η επίπτωση αυτή. Παρόμοια αποτελέσματα σχετικά με τον κίνδυνο πρόκλησης τροφοπενίας Β σε καλλιέργειες λόγω της ασβέστωσης έχουν δημοσιευθεί και από άλλους ερευνητές (Gupta, 1972, Bartlett and Picarelli, 1973).

Εκτός του κριτηρίου της συγκέντρωσης του Β στα φύλλα, πολλές φορές η θρεπτική κατάσταση μιας καλλιέργειας σε Β ελέγχεται και με το λόγο των συγκεντρώσεων Ca/B ή K/B (Gupta, 1993). Τιμές του λόγου Ca/B μεγαλύτερες του 1200 αντιστοιχούν σε

τροφοπενία στον καπνό. Η ασβέστωση αύξησε σημαντικά το λόγο Ca/B από 331 – 476 στους μάρτυρες σταδιακά μέχρι και πάνω από 1000, υποδηλώνοντας και μέσω αυτού του δείκτη την τάση πρόκλησης τροφοπενίας Β (Πίνακας 1). Παρόμοια αύξηση παρατηρήθηκε και στο λόγο K/B για τον οποίο όμως δεν υπάρχουν στη βιβλιογραφία δεδομένα βαθμολόγησής του σε σχέση με την κατάσταση θρέψης του καπνού.

Η συγκέντρωση Β στα φύλλα του καπνού συσχετίσθηκε σημαντικά με αρνητικό τρόπο με το εδαφικό pH (Σχήμα 1-α) και το ανταλλάξιμο Ca (Σχήμα 1-β). Αυτό σημαίνει ότι ο ανταλλάξιμο Ca, το οποίο αυξάνει το pH, παρεμποδίζει την απορρόφηση του Β. Το ίδιο συμπεραίνεται και από την αρνητική σχέση της συγκέντρωσης του Β στα φύλλα του καπνού με τη συγκέντρωση του Ca (Σχήμα 1-γ).

Μέχρι σήμερα έχουν προταθεί πολλοί δείκτες του διαθέσιμου εδαφικού Β, μεταξύ των οποίων το υδατοδιαλυτό Β θεωρείται ο πλέον αποδεκτός (Gupta et al., 1985). Τα δεδομένα αυτής της εργασίας δείχνουν ότι το υδατοδιαλυτό Β συσχετίζεται σημαντικά με τη συγκέντρωση του Β των φύλλων, αλλά ο συντελεστής συσχέτισης δεν είναι αρκετά μεγάλος (R^2=0.23** - Σχήμα 1-δ). Μόνο 23% της παραλλακτικότητας της συγκέντρωσης του Β στα φύλλα ερμηνεύεται από το διαθέσιμο εδαφικό Β. Αυτό σημαίνει ότι ο δείκτης αυτός δεν είναι αντιπροσωπευτικός για την καλλιέργεια του καπνού και θα έπρεπε να δοκιμασθούν και άλλοι, όπως έχει προταθεί από άλλους ερευνητές (Tsadilas et al., 1997, Τσαντήλας και συν., 1995).



Σχήμα 1. Σχέση συγκέντρωσης B στα φύλλα του καπνού με το εδαφικό pH (α) τη συγκέντρωση Ca στα φύλλα (β), το ανταλλάξιμο Ca (γ) και και το υδατοδιαλυτό B του εδάφους (1-δ)

Β. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΒΕΣΤΩΣΗΣ ΣΤΗ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΤΟΥ ΒΟΡΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Σε μια προσπάθεια ερμηνείας της επίδρασης της ασβέστωσης στη συγκράτηση του Β από το έδαφος και της παρεμπόδισης απορρόφησης αυτού από τον καπνό, έγιναν εργαστηριακά πειράματα προσρόφησης του Β στο έδαφος, στο οποίο έγινε το πείραμα με τον καπνό στο ύπαιθρο, σε τρία διαφορετικά pH. Στο πρώτο δείγμα (Α) το pH ήταν 5,03, στο δεύτερο (Β) το pH ρυθμίστηκε στο 6,00 και στο τρίτο (Γ) στο 6,98. Τα πειράματα προσρόφησης Β εκτελέστηκαν με τη διαδικασία που ακολουθεί.

Διαδικασία Πειραμάτων Προσρόφησης

Σε 5gr εδάφους προστέθηκαν 25ml 0,01*M* $CaCl_2$ με συγκεντρώσεις Β 0,40, 0,80, 1,6, 2,4, 3,2, και 6,0 ppm Β (Prasad, 1978) και εξισσοροπήθηκαν με ανακίνηση επί 24h σε θερμοκρασία δωματίου. Στη συνέχεια προσδιορίστηκε το Β στο υπερκείμενο διάλυμα ισορροπίας με τη μέθοδο της Azomethine-H. Η διαφορά του Β από την αρχική συγκέντρωση , θεωρήθηκε ότι προσροφήθηκε (Elrashidi and O' Connor, 1982).

Τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 3 και στο Σχήμα 2.

Από τα δεδομένα της προσρόφησης προκύπτει ότι το φαινόμενο αποοόθηκε ικανοποιητικά με το μοντέλο του Freundlich. Σύμφωνα με αυτό η προσρόφηση του Β περιγράφεται από τη σχέση:

$$x = a\,C^n$$

όπου:

x = η προσροφούμενη ποσότητα Β σε mg/kg εδάφους

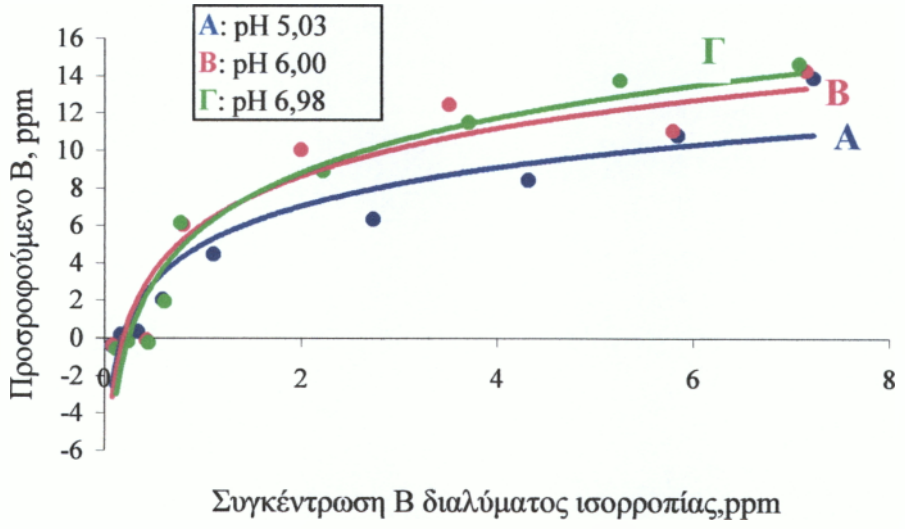
C = η συγκέντρωση Β στο διάλυμα ισορροπίας σε mg/l και

a, n = εμπειρικοί συντελεστές.

Πίνακας 3. Επίδραση του pH στην προσρόφηση του Βορίου

Έδαφος	pH	Παράμετροι εξίσωσης Freundlich ($x=aC^n$)		
		lna	n	R^2
A	5,03	4,96	2,9614	0,89***
B	6	6,05	3,6936	0,89***
Γ	6,98	5,85	4,2326	0,94***

*** Σημαντικό σε επίπεδο πιθανότητας P<0.001



Σχήμα 2. Επίδραση του pH στην προσρόφηση του Βορίου

Από το Σχήμα 2 και τον Πίνακα 3 φαίνεται ότι η αύξηση του pH λόγω της ασβέστωσης αύξησε τον συντελεστή a και μείωσε το συντελεστή n. Αυτό σημαίνει ότι η ασβέστωση αύξησε την ένταση της προσρόφησης (Keren et.al, 1981). Έτσι μπορεί να ερμηνευθεί από μια πλευρά η επίδραση της ασβέστωσης στην απορρόφηση του B από τον καπνό, η οποία μειώθηκε αισθητά λόγω της ασβέστωσης προκαλώντας στην καλλιέργεια τροφοπενία B. Παρόμοια συμπεράσματα για την επίδραση της ασβέστωσης στην προσρόφηση του B έχουν δημοσιευθεί από πολλούς ερευνητές (Elrashidi and O'Connor, Τσαντήλας και συν., 1994).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα δεδομένα της εργασίας αυτής προκύπτει ότι η ασβέστωση όξινων εδαφών Alfisols, στα οποία καλλιεργείται καπνός, προκαλεί αύξηση του pH από περίπου 5 σε 6.7 και έχει τις ακόλουθες συνέπειες:

- Μειώνει το διαθέσιμο εδαφικό B.
- Μειώνει τη συγκέντρωση του B στα φύλλα κάτω από 20 που είναι το όριο για την τροφοπενία B στον καπνό.
- Αυξάνει το λόγο Ca/B στα φύλλα μέχρι άνω του 1000 που αντιστοιχεί σε τροφοπενία B στον καπνό.
- Αυξάνει σημαντικά το λόγο K/B στα φύλλα.
- Η προσρόφηση του B προσαρμόζεται στο μοντέλο του Freundlich.
- Η αύξηση του pH προκαλεί αύξηση της προσρόφησης του B.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bartlett, R.J. and C.J. Picarelli. 1973. AVAILABILITY OF BORON AND PHOSPHORUS AS AFFECTED BY LIMING AN ACID POTATO SOIL. Soil Sci. 116(2):77-83.

Βασιλειάδης, Γ.Β. 1996. ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΚΑΠΝΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ. ΕΘΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΚΑΠΝΟΥ. ΟΔΗΓΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΠΝΟΥ ΑΝΑΤΑΛΙΚΑ-VIRGINIA-BURLEY. Εκδ. Γραφικές Τέχνες. Σελ. 21-24.

Bingham, F.T. 1982. Boron. In A.L. Page (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy 9. ASA. SSSA. Mad .Wisc. USA.

Γαλόπουλος, Α.Σ. 1996. ΤΥΠΟΙ ΚΑΠΝΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ. ΕΘΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΚΑΠΝΟΥ. ΟΔΗΓΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΠΝΟΥ ΑΝΑΤΑΛΙΚΑ-VIRGINIA-BURLEY. Εκδ. Γραφικές Τέχνες. Δράμα. Σελ. 25-44.

Elrashidi, M.A. and G.A. O' Connor. 1982. Boron Adsorption and Desorption in Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 46:27-31.

Ζαχοκώστας, Κ. 1999. ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΖΗΜΙΩΝ ΤΟΥ ΚΑΠΝΟΥ. Καρδίτσα, Εκδ. ΤΑΓΚΑΣ. Σελ. 118.

Gupta, U.C. 1972. Interaction Effects of Boron and Lime on Barley. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 36:332-334.

Gupta, U.C., Y.W. Jame, A.J. Leyshon, and W. Nicholaichuk. 1985. BORON TOXICITY AND DEFICIENCY: A REVIEW. Can. Soil Sci. 65:381-409.

Gupta, U.C. 1993. FACTORS AFFECTING BORON UPTAKE BY PLANTS. In: U. C. Gupta (Ed.) Boron and Its Role in Crop Production. CRC Press. pp. 87-104.

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

Mills, H.A. and J. Benton Jones, Jr. 1991. PLANT ANALYSIS HANDBOOK II, A PRACTICAL SAMPLING, PREPARATION, ANALYSIS, AND INTERPRETATION GUIDE. USA. pp. 371.

Ντζάνης, Η.Δ. 1995. ΛΙΠΑΝΣΗ ΚΑΠΝΟΥ. Γεωργία Κτηνοτροφία. 9: 118-130.

Prassad, B. 1978. Extent of Boron Absorption and its Relationship to Soil Properties in Some West Indian Soils. Commun. in Soil Sci. and Plant Anal., 9(3). pp 203-232

Σφήκας, Α.Γ. 1995. ΕΙΔΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΙΙ. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΦΥΤΑ. Θεσσαλονίκη. Σελ. 406.

Tancogne, J., N.P. Lich, P. Schiltz, R. Truhaud, J.R. Ckaude, and J. Chouteau. 1989. Influence of some factors of the growth medium on the absorption of cadmium by N. tabacum L. variety PB D6. Ann. Du Tabac-Seita. pp. 135-144.

Thomas, G.W. 1982. Exchangeable Cations. pp 159-165. In A.L. Page,R.H.

Tsadilas, C.D., D. Dimoyiannis, and V. Samaras. 1997. Methods of Assessing Boron Availability to Kiwifruit Growing on High boron Soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 28(11-12):973-987.

Τσαντήλας, Χ.Δ., Κ. Κοσμάς, και Ν. Γιάσογλου. 1994. Διερεύνηση εδαφικών παραμέτρων που προκαλούν τροφοπενία βορίου στα ελαιόδενδρα και αντιμετώπιση αυτής. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα. 5(4):41-51.

Τσαντήλας, Χ.Δ., Κ. Κοσμάς, Ν. Γιάσογλου και Χ. Καλλιάνου. 1995. Αξιολόγηση Ορισμένων Μεθόδων Προσδιορισμού του Διαθέσιμου Εδαφικού Βορίου στις Καλλιέργειες της Ελιάς και της Κριθής. Γεωργική Έρευνα, 18: 75-80.

Τσοτσόλης, Ν. 1996. ΟΞΙΝΑ ΚΑΠΝΙΚΑ ΕΔΑΦΗ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥΣ. ΕΘΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΚΑΠΝΟΥ. ΚΑΠΝΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΛΛΑΔΟΣ. ΔΡΑΜΑ.

Πίνακας 4. Λεπτομερή αναλυτικά δεδομένα εδάφους και φυτών

Μεταχειρίσεις	Επαναλήψεις	pH	pH	Ανταλλάξιμα Ca	K
		0-20 cm	20-40 cm	meq/100 g	meq/100 g
LO-0-N1*	a	5,43	5,42	4,48	0,70
LO-0-N1	b	5,46	5,71	3,60	0,69
LO-0-N1	c	5,45	5,46	3,74	0,54
LO-0-N1	d	5,31	5,34	3,23	0,44
LO-0-N2	a	5,68	5,37	5,44	0,77
LO-0-N2	b	5,28	5,44	3,23	0,46
LO-0-N2	c	5,27	5,17	3,45	0,52
LO-0-N2	d	5,12	5,32	3,00	0,52
LO-0-N3	a	5,43	5,49	4,78	0,63
LO-0-N3	b	5,03	5,17	3,45	0,70
LO-0-N3	c	5,58	5,49	3,74	0,43
LO-0-N3	d	5,33	5,39	3,30	0,55
L1-400-N1	a	6	5,83	5,81	0,67
L1-400-N1	b	6,39	6,22	7,65	0,66
L1-400-N1	c	6,16	6,02	4,63	0,59
L1-400-N1	d	6,08	5,85	4,63	0,52
L1-400-N2	a	5,77	5,54	4,92	0,77
L1-400-N2	b	5,89	5,68	4,48	0,42
L1-400-N2	c	6,17	6,01	4,85	0,59
L1-400-N2	d	6,25	5,71	4,78	0,54
L2-400-N3	a	6,08	5,8	4,85	0,55
L2-400-N3	b	6,8	5,97	6,40	0,64
L2-400-N3	c	6,2	5,73	5,07	0,50
L2-400-N3	d	5,91	5,55	4,41	0,37
L2-800-N1	a	6,75	6,27	7,58	0,73
L2-800-N1	b	6,79	6,98	5,96	0,62
L2-800-N1	c	6,88	5,71	6,40	0,49
L2-800-N1	d	5,97	5,64	5,00	0,41
L2-800-N2	a	6,64	5,79	6,55	0,67
L2-800-N2	b	6,92	6,2	6,18	0,57
L2-800-N2	c	6,48	5,82	6,10	0,45
L2-800-N2	d	6,43	6,05	5,07	0,48
L2-800-N3	a	6,84	6,45	7,87	0,58
L2-800-N3	b	6,98	6,32	6,25	0,45
L2-800-N3	c	6,77	5,99	7,58	0,49
L2-800-N3	d	6,45	6,07	5,22	0,45

* Για τη σημασία των συμβόλων βλέπε κείμενο

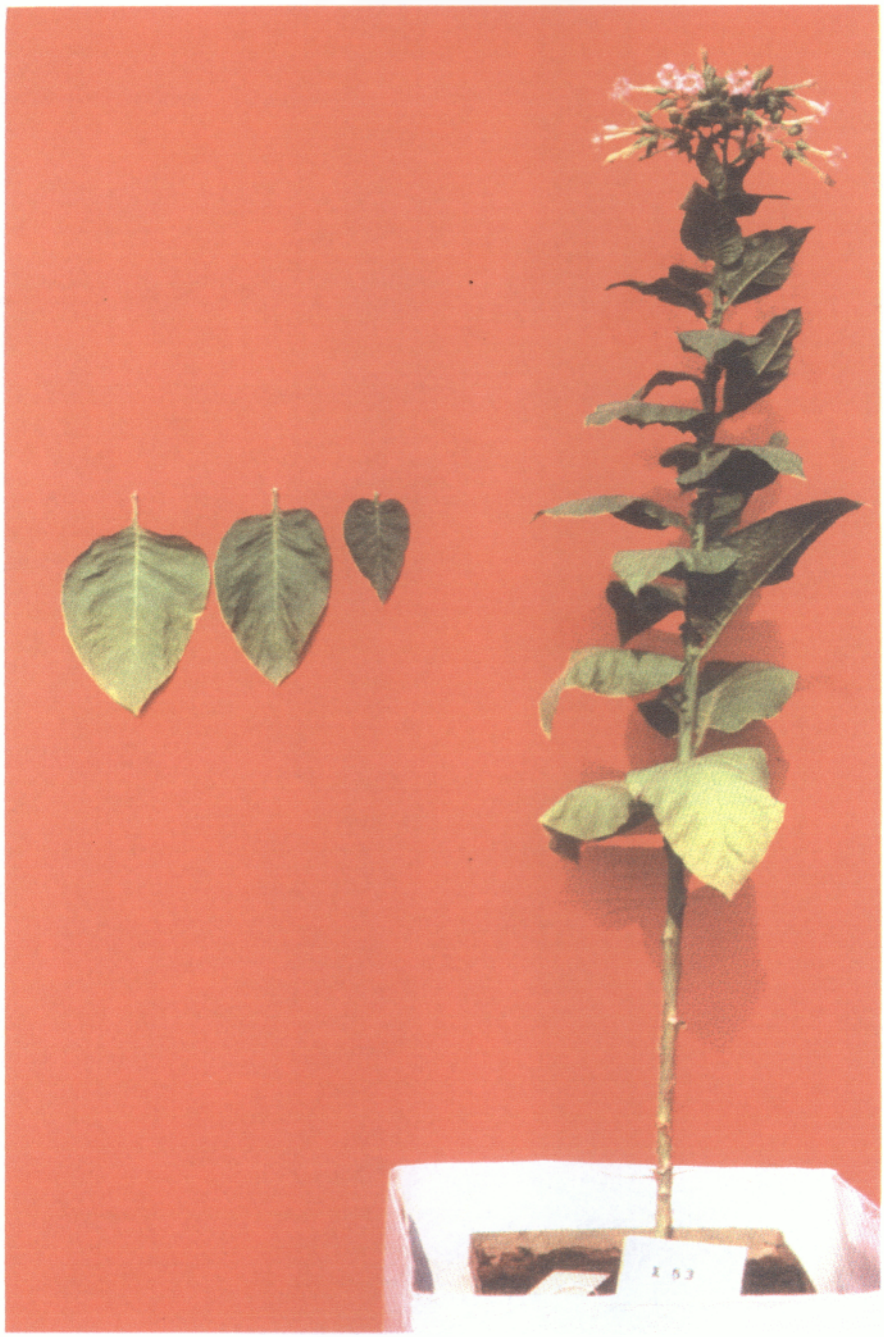
Πίνακας 4 (συνέχεια)

Ανταλλάξιμα Na	Ανταλλάξιμα Mg	Υδατοδιαλυτό B	Βόριο φύλλων	K φύλλων	Ca φύλλων	Mg φύλλων	Λόγος Ca/Mg
meq/100 g	meq/100 g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
0,12	1,83	0,28	18,8	1,347	7330	4760	389,89
0,09	1,28	0,38	28	1,491	7960	4270	284,29
0,14	1,35	0,26	27,2	1,347	-	5500	-
0,11	1,20	0,3	29,2	1,276	-	5250	-
0,12	2,15	0,28	20	1,276	8210	5250	410,50
0,12	1,35	0,4	20	1,162	7830	4520	391,50
0,11	1,35	0,44	21,1	1,614	12620	5870	598,10
0,09	0,93	0,28	21,6	1,87	10860	4760	502,78
0,13	1,83	0,34	19,6	1,207	8080	5250	412,24
0,09	1,35	0,18	23,2	1,69	5310	4270	228,88
0,12	1,46	0,28	17,6	1,347	9850	5500	559,66
0,10	1,30	0,16	20	1,347	7200	4520	360,00
0,12	1,78	0,04	17,6	1,394	10100	4520	573,86
0,13	2,53	0,36	16,4	1,394	8840	5250	539,02
0,10	1,20	0,12	18	1,639	9850	3540	547,22
0,12	1,20	0,3	14	1,741	12120	5000	865,71
0,08	1,52	0,06	19,2	1,442	10730	4390	558,85
0,12	1,25	0,2	13,6	1,3	14890	5250	1094,85
0,11	1,20	0,06	16	1,766	16780	5000	1048,75
0,08	0,98	0,04	13,6	1,792	11610	4270	853,68
0,09	1,09	0,06	16,4	1,514	11610	4640	707,93
0,11	1,57	0,02	19,2	1,639	11110	4760	578,65
0,09	1,14	0,06	20	1,442	7830	4030	391,50
0,11	1,09	0,1	13,6	1,253	9850	3540	724,26
0,12	1,83	0,02	16	1,442	13630	4520	851,88
0,09	1,03	0,14	15,2	1,639	16400	4030	1078,95
0,10	1,20	0,08	13,2	1,371	21950	5250	1662,88
0,13	1,20	0,18	16	1,184	11860	4390	741,25
0,12	1,52	0,16	15,2	1,371	13380	4520	880,26
0,11	1,09	0,06	11,6	1,54	16910	4520	1457,76
0,15	1,30	0,14	15,2	1,614	18920	5500	1244,74
0,12	1,20	0,18	16,4	1,253	12120	4270	739,02
0,11	1,57	0,14	13,2	1,589	14260	4520	1080,30
0,08	0,93	0,12	15,2	1,253	9720	4030	639,47
0,09	1,20	0,22	13,6	1,3	14390	4760	1058,09
0,08	1,14	0,1	17,6	1,207	17410	4030	989,20

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



Φωτογραφία 1. Ποικιλία Σαμψούς (Σ53) Κατερίνης
(Φωτογραφία Ινστιτούτου Καπνού Ελλάδας κατόπιν άδειας)

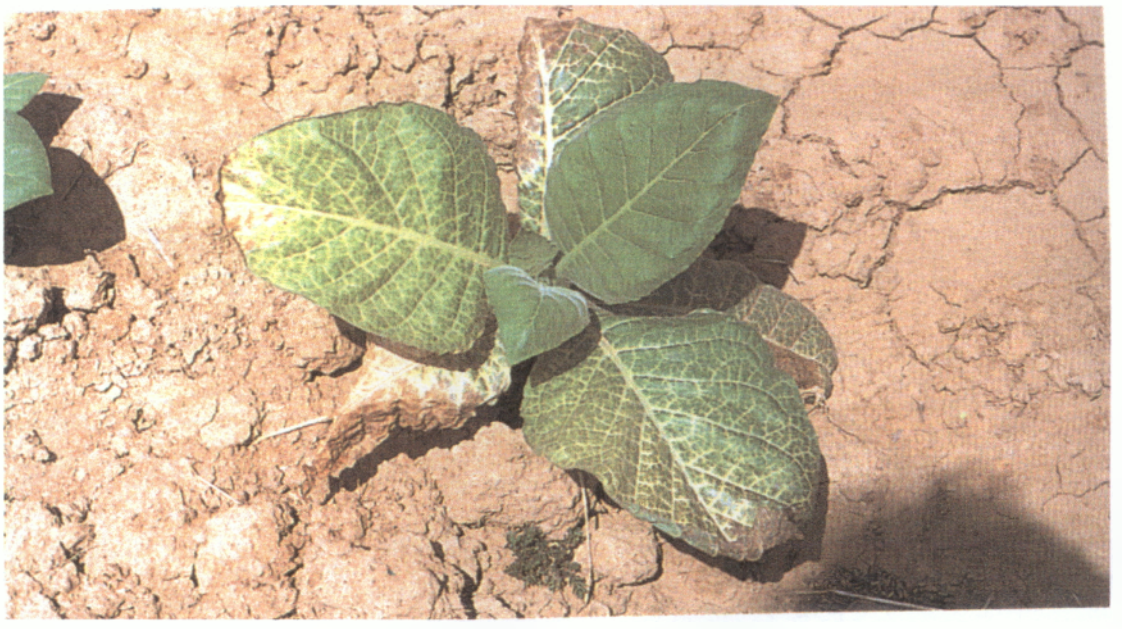
Φωτογραφία 2. Καλλιέργεια καπνού σε ισχυρά όξινο έδαφος
(Φωτογραφία Ινστιτούτου Καπνού Ελλάδας κατόπιν άδειας)

Φωτογραφία 3. Εφαρμογή υλικών ασβέστωσης σε όξινο έδαφος
(Φωτογραφία Ινστιτούτου Καπνού Ελλάδας κατόπιν άδειας)

Φωτογραφία 4. Έλλειψη N σε ποικιλία καπνού Virginia
(Φωτογραφία Κ. Ζαχοκώστα κατόπιν άδειας)

Φωτογραφία 5. Τροφοπενία Κ
(Φωτογραφία Κ. Ζαχοκώστα κατόπιν άδειας)

Φωτογραφία 6. Έλλειψη Mg σε ποικιλία καπνού Virginia
(Φωτογραφία Κ. Ζαχοκώστα κατόπιν άδειας)



Φωτογραφία 7. Τοξικότητα Mn στον καπνό
(Φωτογραφία Κ. Ζαχοκώστα κατόπιν άδειας)

Φωτογραφία 8. Τροφοπενία Βορίου στον καπνό
(Φωτογραφία Ινστιτούτου Καπνού Ελλάδας κατόπιν άδειας)