

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΧΟΥΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ
ΑΥΞΗΣΗ ΚΑΙ ΘΡΕΨΗ ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΩΝ ΑΜΠΕΛΟΥ(*VITIS*
***VINIFERA* L.) ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΧΛΩΡΩΣΗΣ**

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΖΑΧΑΡΙΑΚΗ ΜΑΡΙΑ
ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΜΑΝΙΟΣ ΘΡΑΣΥΒΟΥΛΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ

2014

Αφιερώνεται στην οικογένειά μου

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα χουμικά οργανικά υλικά είναι ένα σημαντικό στοιχείο της εδαφικής γονιμότητας, ασκώντας άμεσο αποτέλεσμα στην ανάπτυξη του φυτού και τον μεταβολισμό του. Έρευνες σε διαφορετικά είδη φυτών έχουν δείξει ότι οι ευεργετικές επιδράσεις των χουμικών παραγόντων συσχετίζονται με την ταχύτητα πρόσληψης και συσσώρευση των θρεπτικών στοιχείων. Τα αίτια των επιδράσεων των χουμικών οξέων στην άμπελο είναι ακόμα άγνωστα. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να ερευνήσει τις επιδράσεις των χουμικών οξέων στην αύξηση και θρέψη υποκειμένων αμπέλου (*Vitis Vinifera* L.) σε συνθήκες χλώρωσης.

Ενός έτους φυτά υποκειμένων 41B, R110 και 140 Ru αναπτύσσονταν σε γλάστρες με ασβεστόχο έδαφος. Οι χουμικοί παράγοντες εκχυλίστηκαν από φύλλα ελιάς και κλιματίδες, καθαρίστηκαν και εφαρμόστηκαν στο έδαφος σε διάφορα επίπεδα. Η ανάπτυξη των υποκειμένων με την παρουσία χουμικών παραγόντων δείχνει να αυξάνει την ανάπτυξη του φυτού και την ολική περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη μολονότι παρατηρείται μείωση της σχέσης Ch1a/Ch1b. Σημαντική αύξηση στο ξηρό βάρος βλαστού και ρίζας, καθώς και στην περιεκτικότητα των βλαστών σε υδατάνθρακες παρατηρήθηκαν σε υποκείμενα που εφαρμόστηκαν χουμικοί παράγοντες. Η συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων στις ρίζες και τα φύλλα των φυτών υποκειμένων αμπέλου ήταν ισχυρά επηρεασμένα από την προσθήκη χουμικών παραγόντων. Η περιεκτικότητα στα μακροστοιχεία P, K Ca αυξήθηκε σημαντικά στις ρίζες των υποκειμένων 41B ενώ μόνο η περιεκτικότητα Ca αυξήθηκε στις ρίζες στο R110, παρουσία χουμικών παραγόντων. Το επίπεδο του ολικού Fe στις ρίζες και στα φύλλα αυξήθηκε σημαντικά με την εφαρμογή χουμικών παραγόντων και στα δύο υποκείμενα 41B και R110. Τα ίδια αποτελέσματα λήφθηκαν με τα μικροστοιχεία Mn και Zn.

Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά τους καθηγητές μου κ. Συμινή Χαράλαμπο, κ. Μανιό Θρασύβουλο και κ. Σαμπαθιανάκη Ιωάννη για την αμέριστη βοήθεια που μου παρείχαν σ' ό,τι ήταν απαραίτητο για τη διεκπεραίωση των πειραμάτων και τη συγγραφή της εργασίας μου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	11
1. ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΑΥΤΗΣ	12
1.1 Χουμοποίηση - σύσταση χούμου	13
1.2 Οργανική ουσία - Compost	14
1.3 Ρόλος της οργανικής ουσίας στο έδαφος	15
1.4 Εκχύλιση - κλασμάτωση οργανικής ουσίας	15
1.5 Κλασμάτωση χουμικών και φουλβικών οξέων	16
1.6 Ενεργότητα κλασμάτων οργανικής ουσίας	17
1.7 Επιδράσεις των κλασμάτων του χούμου στην ανάπτυξη των φυτών	18
1.7.1 Επιδράσεις των κλασμάτων του χούμου στη βλάστηση και ανάπτυξη σπορόφυτων	19
1.7.2 Επιδράσεις των χουμικών και φουλβικών οξέων στην διέγερση δημιουργίας και την αύξηση του ριζικού συστήματος	19
1.7.3 Επιδράσεις χουμικών και φουλβικών οξέων στην ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος των φυτών	20
1.8 Επιδράσεις χουμικών παραγόντων στην πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά	21
1.9 Επιδράσεις των χουμικών παραγόντων στα φυτά σε βιοχημικό επίπεδο	22
1.9.1 Επιδράσεις στις κυτταρικές μεμβράνες	22
1.9.2 Επιδράσεις στον μεταβολισμό	23
1.9.3 Επιδράσεις στην σύνθεση πρωτεϊνών και νουκλεϊκών οξέων	23
1.9.4 Επιδράσεις στην ενεργότητα ενζύμων	23
1.10 Ρόλος της υπεροξειδικής δισμουτάσης (SOD) και της περοξειδάσης (PER) στα φυτά	24

2.	ΣΗΜΑΣΙΑ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	26
2.1.	Σχέση C/N στο χούμο	28
2.1.1.	Τρόποι ή τακτικές διατήρησης του χούμου στο έδαφος	28
2.2.	Η χρησιμοποίηση οργανικής ουσίας στο αμπέλι	30
2.3.	Η διαθεσιμότητα του σιδήρου στο έδαφος	35
2.4.	Απόκτηση σιδήρου σε πολυετή οπωροφόρα φυτά	37
3.	Η ΧΛΩΡΩΣΗ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΜΠΕΛΟ	41
3.1.	Ιστορικό	41
3.2.	Συμπτωματολογία	41
3.3.	Επίδραση της χλώρωσης στο μεταβολισμό του φυτού	42
3.4.	Μηχανισμός της χλώρωσης	42
3.5.	Παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση της χλώρωσης	43
3.6.	Αντιμετώπιση της χλώρωσης	44
3.7.	Χλώρωση ασβεστίου ή τροφοπενία σιδήρου επαγόμενη σε ασβεστούχα εδάφη	46
3.8.	Ανθεκτικότητα της αμπέλου στη χλώρωση και ενδογενείς μηχανισμοί	46
3.9.	Φυσιολογία της χλώρωσης στην άμπελο	47
3.10.	Αντιμετώπιση – προοπτικές	49
3.10.1.	Παράγοντες που ευνοούν τη χλώρωση	50
3.10.2.	Τρόποι αποφυγής ή περιορισμού της χλώρωσης	50
3.11.	Εκλογή υποκειμένου	54
3.11.1.	Προσαρμογή των υποκειμένων στο έδαφος – χλώρωση	55
3.12.	Αντοχή στο ανθρακικό ασβέστιο	60
4.	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΣΤΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	65
4.1.	Αδρανοποίηση του σιδήρου μέσα στα φύλλα	65
4.2.	Η διαθεσιμότητα του σιδήρου στο έδαφος	69
4.3.	Υλικά και μέθοδοι	72
4.4.	Μεθοδολογία	81
4.5.	Προσδιορισμός ανόργανων στοιχείων στους φυτικούς ιστούς	81
4.6.	Εκχύλιση χουμικών παραγόντων	82
4.7.	Καθαρισμός χουμικών και φουλβικών οξέων	83

5.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	85
5.1	Πείραμα χλώρωσης	85
5.2	Πείραμα υποκειμένων	88
6.	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	95
6.1	Εισαγωγή	95
6.2	Χημικός χαρακτηρισμός της οργανικής ουσίας	98
6.3.	Κλασμάτωση του χούμου	99
6.3.1.	Διαχωρισμός χουμικών – φουλβικών οξέων. Εκχύλιση με διάλυμα 0,5 N NaOH	101
6.3.2.	Διαχωρισμός υματομελανικού – χουμικού οξέος. Εκχύλιση με αλκοόλη	104
6.3.3.	Διαχωρισμός β-χούμου – φουλβικών οξέων. Καθίζηση σε pH 4,8	105
6.4.	Ανθρακικό ασβέστιο	105
7.	ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	115
7.1.	Ρυθμός απορρόφησης	116
7.2.	Φυσιολογία της απορρόφησης	117
7.3.	Ενεργός απορρόφηση	117
7.4.	Θρεπτικά στοιχεία	119
7.4.1.	Άζωτο	119
7.4.2.	Κάλιο	126
7.4.3.	Φώσφορος	129
7.4.4.	Μαγνήσιο	129
7.4.5.	Βόριο	130
7.5.6.	Σίδηρος	131
7.5.	Προβλήματα όξινων εδαφών	133
7.5.1.	Τοξικότητα Μαγγανίου	133
7.5.2.	Τοξικότητα Αργιλίου	134
7.5.3.	Τοξικότητα Χαλκού	134

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 135

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 140

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως κέντρο καταγωγής του αμπέλου θεωρείται σήμερα η Κεντρική Ασία. Η Άμπελος η οينوφόρος (ήμερο αμπέλι) αναπτύχθηκε στην Αρμενία, νότια της Κασπίας Θάλασσας καθώς και στις ακτές της Μεσογείου και ιδιαίτερα στη Φοινίκη. Στην Κρήτη, η καλλιέργεια του αμπέλου χρονολογείται από τη νεολιθική εποχή (6.000 – 2.600 π.Χ.), όταν ήρθαν οι πρώτοι άποικοι από τα Δωδεκάνησα και τις Κυκλάδες και έφεραν μαζί τους το ποντιακό αμπέλι (*Vitis vinifera pontica* – Άμπελος η οينوφόρος η ποντιακή), απ' όπου προήλθαν οι περισσότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες αμπέλου εδώ και αιώνες στην Ανατολική Μεσόγειο. Δίκαια λοιπόν η Ελλάδα και ιδιαίτερα ο νησιώτικος της χώρος, θεωρείται ως μια δευτερεύουσα κοιτίδα της καλλιεργούμενης οينوφόρου αμπέλου.

Τα υπολείμματα των σταφυλιών που βρέθηκαν στην Κάτω Ζάκρο, καθώς και οι εγκαταστάσεις οινοποιίας (χρονολογούμενα από τις αρχές της 2^{ης} π.Χ. χιλιετίας) μαρτυρούν ότι η μινωική οινοποιία ήταν τεχνικά πιο προηγμένη από οπουδήποτε αλλού στην εποχή της. Οι μινωίτες αμπελουργοί ήξεραν να καλλιεργούν το αμπέλι με θαυμαστή δεξιοτεχνία. Το φύτευαν σε ιδιαίτερα αγροτεμάχια σε μεγάλες πυκνότητες φύτευσης (πολλά φυτά στο στρέμμα), του έδιναν κυπελλοειδές σχήμα και το κλάδευαν αυστηρά ώστε να παίρνουν προϊόν υψηλής ποιότητας προοριζόμενο για κρασί. Αυτές οι καλλιεργητικές αρχές διατηρήθηκαν μέχρι τις μέρες μας, εφαρμόζονται παντού όπου επιζητείται η παραγωγή αμπελοοινικών προϊόντων ποιότητας και αποτελούν αυτό που ο Ιταλός καθηγητής Mario Fregoni αποκαλεί «Ελληνικό μοντέλο Αμπελουργίας». Άλλες φορές πάλι, προκειμένου να εξασφαλιστεί σκιά για ανάπαυση και προστασία από τον καυτό κρητικό ήλιο, τα πρέμνα υποστύλωνονταν σε ύψος λίγο μεγαλύτερο από το ύψος του ανθρώπου και έτσι προέκυψαν οι κρεβατίνες που συναντώνται ακόμη και σήμερα με σημαντικές βεβαίως βελτιώσεις.

Η παραγωγή κρασιών συνεχίστηκε στην Κρήτη και μετά την παρακμή του μινωικού πολιτισμού, όμως τον πρώτο ρόλο έπαιζαν άλλα εμπορικά κέντρα κυρίως κατά τον 5^ο π.Χ. αιώνα και τους ελληνιστικούς χρόνους. Νέα ώθηση στην καλλιέργεια δόθηκε μετά από την κατάληψη της Ελλάδας από τους Ρωμαίους και η Κρήτη ως ρωμαϊκή επαρχία (67 π.Χ.) έγινε και πάλι σημαντικό κέντρο εξαγωγής κρασιού, κυρίως μεταξύ 1^{ου} και 3^{ου} μ.Χ. αιώνα.

Κατά τη Βυζαντινή περίοδο η καλλιέργεια του αμπέλου στην Κρήτη ήταν εξαιρετικά εκτεταμένη και τα εκλεκτά κρασιά που παράγονταν από την ποικιλία «Αθήρι» (στο τρίγωνο Κρήτη – Κάρπαθος – Σαντορίνη) ταξίδευαν παντού. Επί ενετοκρατίας το αμπέλι στην Κρήτη είχε εκτοπίσει όλες τις άλλες γεωργικές δραστηριότητες και λήφθηκαν περιοριστικά μέτρα εξάπλωσης της καλλιέργειας για να μην καταληφθούν σημαντικές εκτάσεις που προορίζονταν για σιταροχώραφα και προκληθεί έλλειψη σιταριού. Κατά τον 15^ο αιώνα ήταν γνωστό το κρασί από την ποικιλία «Μαλβαζία» (Malvoisie), που προερχόταν από τις περιοχές της Κρήτης (Μαλεβύζι), Θήρας και Μονεμβασιάς και είχαν αναλάβει τη διαφήμισή του οι Άγγλοι.

Στην προχριστιανική εποχή το αμπέλι συνδέθηκε με τη θρησκεία και ο Διόνυσος ή Βάκχος, θεός του κρασιού, λατρευόταν σε όλες τις ελληνικές πόλεις με τα «Διονύσια». Οι καλλιέργειες της ελιάς και του αμπέλου υπήρξαν ανέκαθεν οι πιο διαδεδομένες στην Ελλάδα και τα προϊόντα τους αποτελούσαν τη βάση διατροφής του πληθυσμού και συμβόλιζαν τη φιλοξενία. Οι μεθυστικές ιδιότητες του κρασιού αποτυπώθηκαν με ορισμένα αποφθέγματα:

- Οίνος πάντας ευέλπιδας ποιεί (το κρασί κάνουν όλους να ελπίζουν στο καλύτερο)
- Οίνος φιλολόγους πάντας ποιεί (το κρασί σε κάνει φλύαρο)
- Οίνος έδειξεν νόον ανδρός (το κρασί μαρτυρεί τις σκέψεις του ανθρώπου) κ.λ.π.

Κατά την μεταχριστιανική εποχή το κρασί συνδέθηκε με τα έθιμα και τις παραδόσεις του ελληνικού λαού διότι:

- Ευλογήθηκε από τον ίδιο το Χριστό στο πρώτο του κιόλας θαύμα (γάμος της Κανά).
- Με υπόδειξη του Χριστού ο οίνος αποτελεί συστατικό του μεγαλύτερου χριστιανικού μυστηρίου, της θείας μετάληψης.
- Ο Δαβίδ στο Ψαλτήρι (ψαλμός ΙΟ3, στ. 15) αναφέρει: «του εξαγαγείν άρτον εκ της γης και οίνος ευφραίνει καρδίαν ανθρώπου...».
- Από πολλούς μελωδούς η Παναγία παρομοιάζεται με άμπελο και ο Χριστός αναφέρεται ως βότρυς (σταφύλι). Στον Ακάθιστο Ύμνο ο μελωδός αναφέρει: «τον βότρυν τον πέπυρον η γεωργήσασα, το μήλον το εύοσμον χείρε η τέξασα...». Επίσης, σε γνωστό δοξαστικό ψάλλεται: «Θεοτόκε, συ εί η άμπελος η αληθινή η βλαστήσασα τον καρπόν της ζωής».

- Τέλος, ορισμένοι ζωγράφοι (Άγγελος ο Κρής) εμπνεύστηκαν από την άμπελο, όπως φαίνεται από την ομώνυμη εικόνα, που φιλοξενείται σήμερα στη μονή Βροντησίου, όπου η Εκκλησία εμφανίζεται ως άμπελος της οποίας τον κορμό αποτελεί ο Χριστός και τις κληματίδες οι δώδεκα Απόστολοι. Αλλά και η λαϊκή μούσα ύμνησε δεόντως το κρασί και ιδιαίτερα τη ρετσίνα: «σε κατοικούνε Θεοί ξελογιάστρα μου Αθήνα, που κατεβαίνουν στην Πλάκα να πιούνε ρετσίνα...».

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η χουμική οργανική ύλη είναι ένα σημαντικό στοιχείο της εδαφικής γονιμότητας (Chen and Anvimelech, 1986). Οι χουμικοί παράγοντες (H.S) συνιστούν ένα μεγάλο και σημαντικό κλάσμα της οργανικής ουσίας το compost στο έδαφος και η σημαντικότητά της σχετίζεται ανάμεσα στα άλλα στις θετικές επιδράσεις στην ανάπτυξη των φυτών, στην παραγωγή και την συσσώρευση θρεπτικών στοιχείων. (Vaughan and Malcolm, 1985).

Οι χουμικοί παράγοντες διεγείρουν την ανάπτυξη της ρίζας και του βλαστού σε πολλά φυτικά είδη και αυτή η ώθηση είναι ως επί το πλείστον γενικώς προφανής στην ανάπτυξη των ριζών. (Chen and Aviad, 1990). Οι θετικές επιδράσεις των χουμικών παραγόντων έχουν συσχετισθεί με επαύξηση της πρόσληψης των θρεπτικών στοιχείων διαμέσου της ενεργοποίησης του συστήματος μεταφοράς σιδήρου στα ριζικά κύτταρα. (Varanini *et al.*, 1993, Pinton *et al.*, 1997). Οι επιδράσεις των χουμικών παραγόντων στην ανάπτυξη των φυτών και την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων εξαρτάται από τη δόση και οι υψηλές συγκεντρώσεις των χουμικών παραγόντων είναι ανασταλτικός παράγοντας για τη φυτική βιομάζα και τη συσσώρευση θρεπτικών (Vaughan and Malcolm, 1985, Chen and Aviad, 1990, Ayuso *et al.*, 1996). Η μεγάλη πλειοψηφία των εργασιών πάνω στις επιδράσεις των χουμικών παραγόντων στα φυτά έγιναν σε θρεπτικό διάλυμα με αδρανείς παράγοντες και γενικά κάτω από εργαστηριακές πειραματικές συνθήκες χωρίς έδαφος ή σε συνθήκες χωραφιού.

Προς το παρόν, η γνώση για την αντίδραση της αμπέλου στους χουμικούς παράγοντες είναι ακόμα άγνωστη. Ο σκοπός αυτής της εργασίας είναι να ερευνησει τις φυσιολογικές πλευρές των υποκειμένων αμπέλου που μεγάλωναν υπό την παρουσία χουμικών παραγόντων. Τα πειράματα έγιναν χρησιμοποιώντας ασβεστούχο έδαφος και τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν ότι οι χουμικοί παράγοντες προάγουν την ανάπτυξη των φυτών υποκειμένων αμπέλου και παρακινούν τη συσσώρευση θρεπτικών στοιχείων.

ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΑΥΤΗΣ

Οι ευεργετικές επιδράσεις της οργανικής ουσίας του εδάφους στο σύστημα έδαφος-φυτά ήταν ανέκαθεν γνωστές. Εδώ και πολλά χρόνια είχε παρατηρηθεί ότι η προσθήκη αποσυντεθειμένων ζωικών και φυτικών υπολειμμάτων σε διάφορες καλλιέργειες, επιδρούσε θετικά στην ποιότητα αλλά και την παραγόμενη ποσότητα των προϊόντων. Οι επιδράσεις αυτές έχουν γίνει αντικείμενο πολλών ερευνών, παρόλα αυτά υπάρχουν ακόμα πολλά αναπάντητα ερωτήματα όσον αφορά τη φύση της οργανικής ουσίας αλλά και τις άμεσες και έμμεσες επιδράσεις της στα φυτά.

Ο όρος οργανική ουσία εδάφους, προσδιορίζει το σύνολο των οργανικών συστατικών του εδάφους, εξαιρουμένων των μη αποδομημένων φυτικών και ζωικών ιστών, των προϊόντων μερικής αποδόμησης τους, καθώς και της βιομάζας του εδάφους (Stevenson 1982). Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό η οργανική ουσία του εδάφους μπορεί να περιέχει:

- α. Συγκεκριμένες υψηλού μοριακού βάρους οργανικές ενώσεις όπως πολυσακχαρίτες και πρωτεΐνες.
- β. Απλούστερες ουσίες όπως σάκχαρα, αμινοξέα και άλλα μικρά μόρια.
- γ. Χουμικές ουσίες (χουμικά και φουλβικά οξέα, χουμίνες).

Κατά τον σχηματισμό της οργανικής ουσίας του εδάφους, οι φυτικοί και ζωικοί ιστοί, καθώς και άλλα προϊόντα οργανικής προελεύσεως, διασπώνται με την επίδραση της μακροπανίδας (γαιοσκώληκες, έντομα), της μικροπανίδας (νηματώδεις, πρωτόζωα), και της εδαφικής χλωρίδας (βακτηρία, ακτινομύκητες, μύκητες, φύκη). Πιο συγκεκριμένα, η έκθεση φυτικών, ζωικών και άλλων οργανικών υπολειμμάτων σε συγκεκριμένες συνθήκες περιβάλλοντος, επάγει ένα σύνολο βιοχημικών διεργασιών κατά τις οποίες έχουμε διάσπαση των διαφόρων οργανικών ενώσεων μεγάλου μοριακού βάρους σε άλλες με μικρότερο μοριακό βάρος. Παράλληλα με την δράση της μακροπανίδας, τεμαχίζονται οι οργανικοί ιστοί, ενώ τέλος η μικροβιακή δράση που εκδηλώνεται από διάφορους ετερότροφους και σαπροφυτικούς οργανισμούς της εδαφικής χλωρίδας και μικροπανίδας, ολοκληρώνει την αποσύνθεση των οργανικών υπολειμμάτων. Καθ' όλη τη διάρκεια της αποσύνθεσης παράγεται CO₂ και H₂O. Με αυτό τον τρόπο απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα τα συστατικά που οι φυτικοί ιστοί κάποτε προσελάμβαναν για την φωτοσύνθεση τους.

Μικρότερο μέρος του CO₂ που παράγεται προσλαμβάνεται από τους μικροοργανισμούς του εδάφους, ενώ το υπόλοιπο μέρος του CO₂ μετασχηματίζεται σε άλλες δύσκολα διασπώμενες οργανικές ενώσεις.

Η διάσπαση των οργανικών ιστών, παράλληλα με την έκλυση CO₂ συνοδεύεται και από απελευθέρωση NH₄, H₂PO₄⁻, HPO₄⁻, SO₄⁻, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺ κ.τ.λ. Η απελευθέρωση αυτών των στοιχείων και ριζών που αποτελούν συστατικά των οργανικών ενώσεων ονομάζεται ανοργανοποίηση και συμβάλλει στην θρέψη των φυτών. Καθ' όλη την διάρκεια της αποδόμησης των οργανικών ιστών, οι εδαφοκλιματικοί παράγοντες της περιοχής παίζουν καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση και σύσταση των τελικών προϊόντων της διάσπασης αφού συντελεστές όπως θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός και εδαφική οξύτητα επηρεάζουν την δράση των αποικοδομητικών οργανισμών.

1.1.Χουμοποίηση - σύσταση χούμου

Τα προϊόντα της αποδόμησης των οργανικών υπολειμμάτων, είναι δυνατόν να διαχωριστούν σε ανθεκτικά, όσον αφορά τους ρυθμούς αποσύνθεσης τους (π.χ. έλαια, λίπη, κύροι και λιγνίνη) και σε νέα συστατικά που προέρχονται από μετασχηματισμό προϋπαρχόντων ή ανασύνθεση νέων ενώσεων. Το προϊόν αυτής της ανασύνθεσης ονομάζεται χούμος και αποτελείται από πολύπλοκα μόρια αρωματικών δακτυλίων πάνω στα οποία βρίσκονται συνενωμένα αμινοξέα, πεπτίδια, αμινοσάκχαρα, αλειφατικά οξέα, και άλλα οργανικά συστατικά. (Kononova, 1966, Bondietti *et al.*, 1972, Mayaudon *et al.*, 1973, Flaig *et al.*, 1975, Martin & Haider, 1980 b, Stevenson, 1982 b).

Από τα παραπάνω αντιλαμβανόμαστε ότι ο χούμος είναι ένα άμορφο πολυμερές υψηλού μοριακού βάρους που προέρχεται από βαθύτατο μετασχηματισμό της οργανικής ουσίας του εδάφους, ώστε να μη μπορούν να εντοπιστούν τα αρχικά συστατικά του. Ο χούμος δεν έχει συγκεκριμένη δομή αφού αυτή καθορίζεται από τα οργανικά συστατικά που έχουν αποδομηθεί και από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες που επικρατούν στον χώρο σύνθεσης.

Παρά την πολυπλοκότητα της δομής του χούμου, είναι γνωστό ότι στην σύνθεση του μορίου του συμμετέχουν φαινολικοί αρωματικοί δακτύλιοι που περιέχουν ελεύθερες ρίζες -OH και συνενώνονται μεταξύ τους με δεσμούς μεταξύ

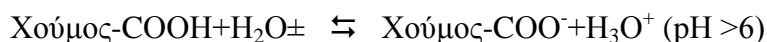
των ατόμων O, S, N, καθώς επίσης και των -NH₂, GH₂, και άλλων συμπλόκων. (Stevenson, 1985).

Από μελέτες στοιχειακής ανάλυσης προκύπτει ότι η περιεκτικότητα του χούμου στα στοιχεία C, H, O, και N κυμαίνεται ως εξής:

C: 52-58% H: 3,4-4,8% O: 34-39% N: 3,8-4,1%.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του C εντοπίζεται στους αρωματικούς δακτυλίους, κύρια πηγή των οποίων θεωρείται η λιγνίνη (Hurst & Surges, 1967, Flaig et al, 1975, Martin & Haider, 1980b, Stevenson, 1982b). Η σταθερότητα της δομής του χούμου πιθανότατα να σχετίζεται με την ανθεκτικότητα των αρωματικών δακτυλίων λιγνίνης στους διάφορους παράγοντες αποδόμησης. Κατά την διαδικασία της χουμοποίησης, η σταθερότητα της δομής του χούμου είναι μειωμένη στα πρώτα στάδια της σύνθεσης του ενώ αυξάνεται σταδιακά όσο αυξάνει και η ηλικία του (Jenkinson, 1971, Sauerbeck & Gonzales, 1977, Paul & Van Veeh, 1978).

Ο χούμος που προέρχεται από την οργανική ουσία του εδάφους, χαρακτηρίζεται από όλες τις ιδιότητες της κολοειδούς κατάστασης της ύλης. Τα κολοειδή τεμαχίδια του χούμου χαρακτηρίζονται ως υδρόφιλα με ηλεκτρικό φορτίο κατά βάση αρνητικό. Το αρνητικό φορτίο του χούμου προέρχεται από την υδρόλυση και τον ιονισμό των καρβοξυλικών ομάδων και των φαινολικών υδροξυλίων κατά τις αντιδράσεις:



Το αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο του χούμου εξαρτάται αποκλειστικά από το pH του περιβάλλοντος, έτσι σε υψηλές τιμές pH ο χούμος έχει αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο, ενώ σε όξινο pH μπορεί να αναπτύσσει θετικό φορτίο λόγω προσλήψεως πρωτονίων από τις βασικές χημικές ομάδες (π.χ. αλκοολικά υδροξύλια) κατά την αντίδραση:



1.2.Οργανική ουσία - Compost

Η οργανική ουσία που παράγεται από αερόβια βιολογική αποδόμηση διαφόρων οργανικών υπολειμμάτων φυτικής και ζωικής προέλευσης (compost), κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες καταλήγει στον σχηματισμό χούμου, η δομή του οποίου εξαρτάται από τα προϊόντα αποδόμησης και από τις συνθήκες που έχουν υποβληθεί

στον χώρο αποδόμησης (αερισμός, υγρασία κ.τ.λ), το τελικό προϊόν βιοσταθεροποίησης χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο ιδιοτήτων παρόμοιων με αυτές που παρουσιάζει ο χούμος του εδάφους, για αυτό το λόγο οι τεχνικές μελέτης που χρησιμοποιούνται και στις δύο περιπτώσεις είναι όμοιες.

1.3.Ρόλος της οργανικής ουσίας στο έδαφος

Η ύπαρξη οργανικής ουσίας στο έδαφος προσδίδει σε αυτό ένα σύνολο ιδιοτήτων που συμβάλλουν στην καλύτερη ανάπτυξη των φυτών. Οι ιδιότητες αυτές που προσδίδει η οργανική ουσία συνοψίζονται ως εξής (Stevenson, 1982):

- α. αποτελεί πηγή σταδιακής απελευθέρωσης N, P, και S, με αυτόν τον τρόπο συνεισφέρει στην θρέψη των φυτών και την λειτουργία της βιομάζας του εδάφους.
- β. διατηρεί και αυξάνει την υδατοϊκανότητα του εδάφους.
- γ. αυξάνει την ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους κατά των μεταβολών του pH.
- δ. λόγω του σκοτεινού χρώματος της απορροφά ηλιακή ακτινοβολία συνεισφέροντας στην θέρμανση του εδάφους.
- ε. συνεισφέρει στην διατήρηση και βελτίωση της δομής του εδάφους, καθώς και στον περιορισμό της διάβρωσης αυτού.
- ζ. αυξάνει την C.E.C του εδάφους και μειώνει την έκπλυση των θρεπτικών στοιχείων.
- η. ορισμένα συστατικά της είναι δυνατόν να λειτουργούν ως ρυθμιστές αύξησης των φυτών.

1.4. Εκχύλιση - κλασμάτωση οργανικής ουσίας

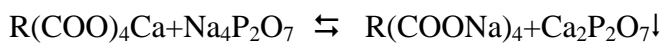
Η εκχύλιση της οργανικής ουσίας του εδάφους αποτελεί αντικείμενο έρευνας πολλών -χρόνων, (Kononova, 1966, Schnitzer & Khan, 1972, 1978). Το ιδανικό εκχυλιστικό μέσο θα έπρεπε να απομακρύνει από το έδαφος όλη την οργανική ουσία που περιέχεται σε αυτό, χωρίς να προκαλεί μεταβολές στην δομή, τις φυσικές και τις χημικές ιδιότητες της. Παρά τις πολυάριθμες και εντατικές έρευνες, το ιδανικό εκχυλιστικό μέσο δεν έχει ανακαλυφθεί ακόμη.

Για την εκχύλιση της οργανικής ουσίας χρησιμοποιούνται οι παρακάτω μέθοδοι:

- α. χρήση διαλύματος NaOH, με συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 0,1 N έως 0,5 N. Η εκχύλιση γίνεται σε θερμοκρασία δωματίου και περιβάλλον N υπό συνεχή ανάδευση. Τα διαλύματα NaOH 0,1 N εκχυλίζουν περισσότερη οργανική ουσία από

διαλύματα NaOH μεγαλύτερης συγκέντρωσης, όμως η οργανική ουσία που εκχυλίζεται με NaOH 0,5 N περιέχει μικρότερο ποσοστό τέφρας (Levesque & Schnitzer, 1966). Υπάρχουν ενδείξεις ότι η χρήση αλκαλικών διαλυμάτων για την εκχύλιση οργανικής ουσίας επηρεάζει την χημική δομή της (Schnitzer & Skinner, 1968).

β. χρήση διαλύματος $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 0,1 M με ρύθμιση του pH στην τιμή 7 ή χωρίς ρύθμιση του pH (pH 9,8). Κατά την διάρκεια της εκχύλισης τα κατιόντα Na^+ αντιδρούν με τα σύμπλοκα μόρια της οργανικής ουσίας και σχηματίζουν ένα ευδιάλυτο άλας, ενώ τα ανιόντα $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ αντιδρούν με κατιόντα Ca^{++} που περιέχονται στην οργανική ουσία δίνοντας $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ σε μορφή ιζήματος κατά την αντίδραση:



(Alexandrova, 1960).

Επειδή το $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ αποτελεί ηπιότερο εκχυλιστικό από άλλα αλκαλικά διαλύματα, η αποτελεσματικότητα του όσον αφορά τις ποσότητες εκχύλισης είναι μικρότερη (Kononova, 1966).

γ. χρήση διαλύματος NaOH 0,1 M και $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 0,1 M. αυτή η μέθοδος συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των δύο προηγούμενων και παράλληλα εκχυλίζονται μεγαλύτερες ποσότητες οργανικής ουσίας σε σύγκριση με την μέθοδο B.

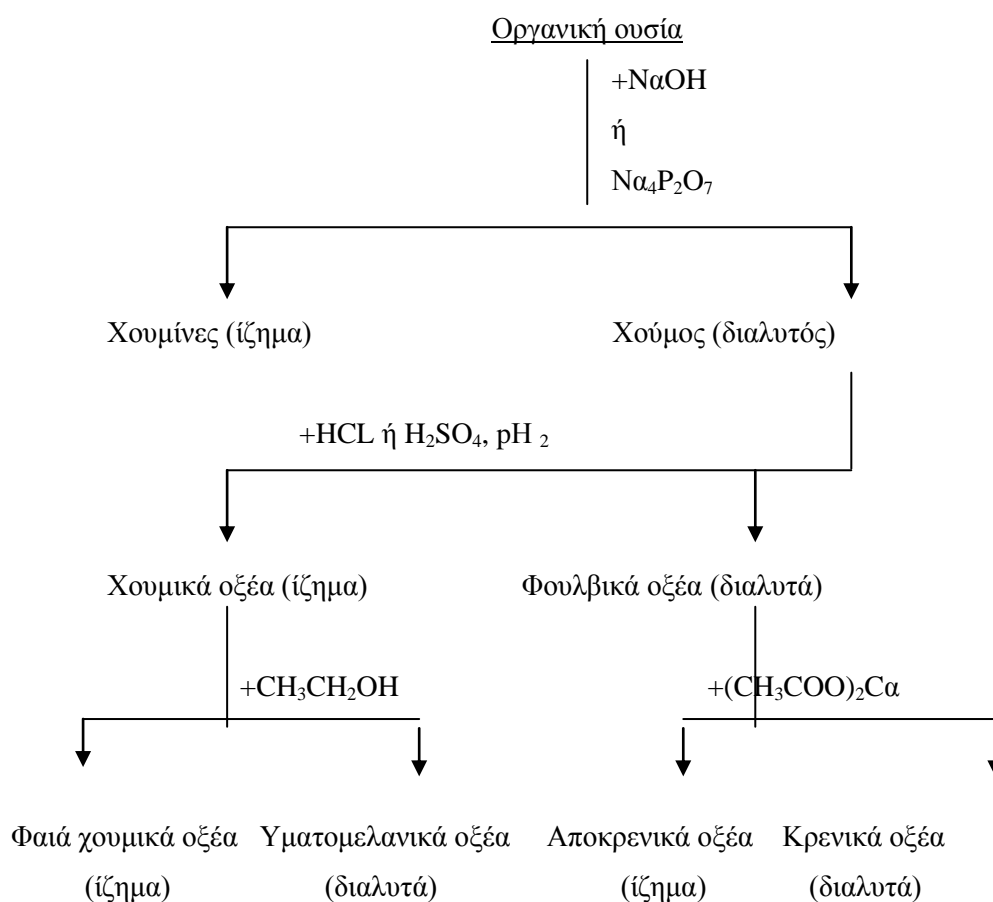
Μετά την διαδικασία της εκχύλισης, στο διάλυμα μας, υπάρχουν δύο διαφορετικές φάσεις της οργανικής ουσίας, η μία φάση που βρίσκεται με μορφή ιζήματος αποτελείται από τις χουμίνες οι οποίες είναι οργανικές ενώσεις αδιάλυτες σε οποιαδήποτε τιμή του pH, ενώ στην υγρή φάση υπάρχει το μίγμα χουμικών και φουλβικών οξέων.

1.5.Κλασμάτωση χουμικών και φουλβικών οξέων

Μετά την απομάκρυνση των χουμικών, ο διαχωρισμός χουμικών - φουλβικών οξέων γίνεται με μείωση του pH της υγρής φάσης του εκχυλίσματος με χρήση πυκνών διαλυμάτων HCL ή H_2SO_4 . Ο διαχωρισμός των χουμικών από τα φουλβικά οξέα βασίζεται στην διαφορετική διαλυτότητα αυτών σε ορισμένες τιμές του pH, ειδικότερα τα φουλβικά οξέα είναι διαλυτά σε όλες τις τιμές του pH σε αντίθεση με τα χουμικά οξέα που είναι αδιάλυτα σε τιμές pH μικρότερες του 2. Για αυτό το λόγο

η τιμή του pH της υγρής μορφής του εκχυλίσματος, ρυθμίζεται στην τιμή 2, ενώ ο διαχωρισμός χουμικών, φουλβικών οξέων γίνεται με φυγοκέντριση.

Τα χουμικά οξέα κλασματούνονται περαιτέρω με προσθήκη σε αυτά διαλύματος $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, οπότε χωρίζονται σε φαιά χουμικά οξέα (ίζημα) και σε υματομελανικά οξέα (διαλυτό κλάσμα). Με όμοιο τρόπο τα φουλβικά οξέα με προσθήκη διαλύματος $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ κλασματούνονται σε αποκρενικά οξέα (ίζημα) και σε κρενικά οξέα (διαλυτό κλάσμα). Ο διαχωρισμός ιζήματος, διαλυτού κλάσματος γίνεται με φυγοκέντριση. Γενικά για την κλασμάτωση της οργανικής ουσίας ισχύει το παρακάτω διάγραμμα.



1.6.Ενεργότητα κλασμάτων οργανικής ουσίας

Η στοιχειακή ανάλυση των κλασμάτων της οργανικής ουσίας, αποτελεί ένα από τους σημαντικότερους τρόπους μελέτης τους. Στον πίνακα 1 φαίνονται οι μέσες περιεκτικότητες % των χουμικών και φουλβικών οξέων του εδάφους στα στοιχεία C, H, O, N, και S (Steelink, 1985).

Πίνακας 1.1. Περιεκτικότητα χουμικών και φουλβικών οξέων % σε C, H, O, N και N (Steelink, 1985).

Στοιχεία	Χουμικά οξέα	Φουλβικά οξέα
C	53.8-58.7 %	40.7-50.6 %
H	3.2-6.2 %	3.8-7.0%
O	32.8-38.3 %	39.7-49.8 %
N	0.8-4.3%	0.9-3.3 %
S	0.1-1.5%	0.1-3.6%

Τα παραπάνω στοιχεία συνδυαζόμενα μεταξύ τους σχηματίζουν τις χημικά ενεργές ομάδες του χούμου που είναι οι υδροξυλικές (-OH) οι αμινικές (-NH₂), οι μεθοξυλικές (-OCH₃), φαινολικές (-C₆H₄OH) και καρβοξυλικές (-COOH). Οι δύο τελευταίες ομάδες έχουν την μεγαλύτερη συμμετοχή στο ηλεκτρικό φορτίο του χούμου (85-95%).

Το γεγονός ότι τα φουλβικά οξέα έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε O από τα χουμικά οξέα μπορεί να αποτελεί ένδειξη ότι τα φουλβικά οξέα περιέχουν μεγαλύτερο αριθμό ενεργών ομάδων, πράγμα που εξηγεί εν μέρει την υψηλότερη βιολογική ενεργότητα των φουλβικών σε σχέση με τα χουμικά οξέα.

1.7.Επιδράσεις των κλασμάτων του χούμου στην ανάπτυξη των φυτών.

Από τις έρευνες που έχουν διεξαχθεί μέχρι σήμερα εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα κλάσματα του χούμου έχουν ευεργετικότερες επιδράσεις στα υπόγεια παρά στα υπέργεια φυτικά τμήματα (Sladky, 1959a). Η εφαρμογή χουμικών ουσιών με διαφυλλικούς ψεκασμούς αλλά και κατά την άρδευση με θρεπτικά διαλύματα έδειξε ότι έχουμε αύξηση του μήκους του ριζικού συστήματος καθώς και του αριθμού των εκπυσσόμενων ριζικών τριχιδίων. Οι συγκεντρώσεις εφαρμογής των χουμικών και φουλβικών παραγόντων πρέπει να κυμαίνονται μεταξύ 0-500 ppm ενώ τα βέλτιστα αποτελέσματα στην ανάπτυξη του υπέργειου και ριζικού συστήματος προσδίδονται από συγκεντρώσεις 50-300. ppm Η μέχρι ενός ορίου αύξηση των συγκεντρώσεων χουμικών ουσιών που εφαρμόζονται προκαλεί αντίστοιχη αύξηση

των ευεργετικών επιδράσεων, οι αυξημένες όμως συγκεντρώσεις των χουμικών ουσιών προκαλούν ανάσχεση της ανάπτυξης των φυτών.

Οι επιδράσεις των χουμικών παραγόντων στην ανάπτυξη των φυτών έχουν συσχετισθεί με την αύξηση της ικανότητας των ριζών να προσλαμβάνουν θρεπτικά στοιχεία καθώς και με την αύξηση της περατότητας των κυτταρικών μεμβρανών που προκαλείται από ορισμένες ουσίες μικρού κυρίως μοριακού βάρους που περιέχονται στον χούμο. Ακολουθούν αποτελέσματα ορισμένων ερευνών των επιδράσεων των χουμικών παραγόντων σε διάφορα στάδια ανάπτυξης και σε διάφορες καλλιέργειες.

1.7.1. Επιδράσεις των κλασμάτων του χούμου στη βλάστηση και ανάπτυξη σπορόφυτων

Οι μελέτες των επιδράσεων των αλάτων Na-χουμικών παραγόντων στη βλάστηση και την απορρόφηση του νερού από σπόρους σιταριού (*Triticum aestivum* L.), έδειξαν ότι διαλύματα συγκεντρώσεων 100 ppm των παραπάνω αλάτων αυξάνουν την απορρόφηση νερού, την ένταση αναπνοής και τα ποσοστά βλάστησης. Η αυξημένη βλαστική ικανότητα αποδίδεται στην αυξημένη ενζυματική δράση που εντοπίζεται στους σπόρους (Smidova, 1962). Η βλαστική ικανότητα σπόρων καλαμποκιού (*Zea mays* L.) αυξάνεται με την επίδραση διαλυμάτων 60 ppm χουμικών ή φουλβικών οξέων. Όμοια, η βλαστική ικανότητα σπόρων κριθαριού (*Hordeum vulgare* L.) αυξάνεται με την επίδραση 30 ppm χουμικών οξέων (Dixit & Kishore, 1967), παρατηρήθηκε επίσης ότι η επένδυση σπόρων με άλατα Ca-χούμου έχει ωφέλιμες επιδράσεις στη βλάστηση και ανάπτυξη των φυτών (Iswaran & Chonkar, 1971). Σε γενικές γραμμές έχει παρατηρηθεί ότι διαλύματα χουμικών οξέων σε συγκεντρώσεις 0-100 ppm αυξάνουν τους ρυθμούς βλάστησης και επιταχύνουν την πρόσληψη νερού από τα φυτάρια.

1.7.2. Επιδράσεις των χουμικών και φουλβικών οξέων στην διέγερση δημιουργίας και την αύξηση του ριζικού συστήματος

Οι επιδράσεις χουμικών και φουλβικών οξέων στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος φυτών τομάτας (*Lycopersicon esculentum* L.) έχουν γίνει αντικείμενο μελέτης από πολλούς ερευνητές. Ο Linehan (1976) μελέτησε τις επιδράσεις διαλυμάτων φουλβικών οξέων στο μήκος ριζών και στον σχηματισμό ριζικών τριχιδίων, ευεργετικότερη επίδραση στα προηγούμενα χαρακτηριστικά είχε η

συγκέντρωση 25 ppm φουλβικών οξέων. Στον πίνακα που ακολουθεί βλέπουμε τα αποτελέσματα της επίδρασης χουμικών και φουλβικών οξέων συγκέντρωσης 50 ppm στο μήκος, το νωπό βάρος και το ξηρό βάρος βλαστών και ριζών (Sladky, 1959a)

Πίνακας 1.2. Επιδράσεις χουμικών και φουλβικών οξέων στο μήκος και το βάρος υπέργειων και υπογείων τμημάτων από φυτά τομάτας (Sladky, 1959a).

Επέμβαση	Μήκος βλαστών (cm)	Μήκος ριζών (cm)	Νωπό βάρος βλαστών (gr)	Νωπό βάρος ριζών (gr)	Ξηρό βάρος βλαστών (gr)	Ξηρό βάρος Ριζών (gr)
Μάρτυρας	20,9	13,1	6,4	1,6	0,52	0,05
HA 50 ppm	51,5	20,2	14,9	3,2	1,07	0,23
FA 50 ppm	56,8	14	17,5	5,4	1,6	0,24

Πολυάριθμες έρευνες έχουν δείξει ότι ανάλογες είναι οι επιδράσεις διαλυμάτων χουμικών και φουλβικών οξέων ορισμένων συγκεντρώσεων σε διαφορετικές καλλιέργειες. Τα συμπεράσματα αυτών των ερευνών συνοψίζονται ως εξής:

- α. οι χουμικές ουσίες διαφόρων προελεύσεων υποβοηθούν την ανάπτυξη των ριζών των φυτών με διαφυλλική εφαρμογή ή με εφαρμογή σε θρεπτικά διαλύματα.
- β. η εφαρμογή χουμικών και φουλβικών οξέων αυξάνει το μήκος της ρίζας και τον αριθμό των ριζικών τριχιδίων. Ειδικότερα σε νεαρά φυτάρια, διαλύματα χουμικών και φουλβικών οξέων με συγκεντρώσεις που κυμαίνονται μεταξύ 50-300 ppm επάγουν ταχύτερη διαδικασία γένεσης και έκπτυξης ριζικών τριχιδίων. Σε φυτά που έχουν είδη διαμορφωμένο ριζικό σύστημα η επίδραση με διαλύματα χουμικών συγκεντρώσεων 5-25 ppm ενισχύει την ανάπτυξη τους και προκαλεί επιμήκυνση των ριζικών κυττάρων.
- γ. ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι τα φουλβικά οξέα είναι δραστικότερα από τα χουμικά οξέα.
- δ. ο ρόλος της συγκέντρωσης των χουμικών παραγόντων κατά την εφαρμογή τους είναι πολύ σημαντικός, γενικά οι ευεργετικές επιδράσεις των χουμικών παραγόντων μειώνονται όσο αυξάνονται οι συγκεντρώσεις εφαρμογής τους.

1.7.3. Επιδράσεις χουμικών και φουλβικών οξέων στην ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος των φυτών.

Η διαφυλλική εφαρμογή διαλυμάτων χουμικών οξέων συγκεντρώσεως 300 ppm σε φυτά τομάτας προκαλεί αύξηση του νωπού και ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος των φυτών (Sladky & Tichi 1959). Τα νεότερα φύλλα των φυτών δείχνουν μεγαλύτερο βαθμό ανταπόκρισης από τα παλιά φύλλα, ενώ συγκεντρώσεις εφαρμογής μεγαλύτερες από 300 ppm προκαλούν ανάσχεση της ανάπτυξης των φυτών. Ανάλογα είναι και τα αποτελέσματα εφαρμογής χουμικών παραγόντων σε άλλες καλλιέργειες.

1.8. Επιδράσεις χουμικών παραγόντων στην πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά.

Οι ευεργετικές επιδράσεις των χουμικών παραγόντων στην ανάπτυξη των φυτών έχουν συσχετισθεί με την αυξημένη πρόσληψη θρεπτικών συστατικών από τα υποστρώματα ανάπτυξης. Τα αποτελέσματα πολυάριθμων ερευνών δείχνουν ότι οι επεμβάσεις με χουμικά και φουλβικά οξέα σε διάφορες συγκεντρώσεις και διαφορετικές καλλιέργειες προκαλούν αύξηση της πρόσληψης μακροστοιχείων όπως N, P, K, και Mg (Gaur, 1964, Fernandez, 1968, Dormaar, 1975, Kreij & Basar, 1995). Επιπλέον ανακαλύφθηκε ότι η θετική ανταπόκριση του ριζικού συστήματος των φυτών στην προσθήκη χουμικών παραγόντων σε ορισμένες συγκεντρώσεις οφείλεται στην αυξημένη απορρόφηση P από τις ρίζες (Jelenic *et al.*, 1966, Lee & Bartlett, 1976, Vaughan *et al.*, 1978).

Οι επιδράσεις των χουμικών παραγόντων στην πρόσληψη μικροστοιχείων όπως Cu, Zn, Fe, και Mn απασχόλησαν πολλούς ερευνητές. Τα αποτελέσματα πολλών ερευνών που αφορούν την πρόσληψη Fe από διαφορετικές καλλιέργειες δείχνουν ότι αυτή αυξάνεται με την προσθήκη χουμικών παραγόντων σε διάφορες συγκεντρώσεις (Decock, 1955, Aso & Sakai, 1963, Daikonova & Maksimova, 1967, Linehan & Shepherd, 1979, Barak & Chen, 1982, Chen *et al.* 1982a,b, Chen & Barak, 1983, Bar-Ness & Chen, 1990 a,b). Η προσθήκη χουμικών παραγόντων εκτός από την αύξηση της πρόσληψης Fe επηρεάζει και την κινητικότητα του μέσα στα φυτά (Decock, 1955), κατά συνέπεια βοηθά στην αντιμετώπιση προβλημάτων χλώρωσης που οφείλονται σε έλλειψη Fe. Παρόμοιες έρευνες έδειξαν ότι η πρόσληψη Zn, Cu, και Mn από τα φυτά αυξάνεται με την προσθήκη διαλυμάτων χουμικών παραγόντων σε μικρές συγκεντρώσεις (Rauthan & Schnizer, 1981).

Το γεγονός ότι οι χουμικές ουσίες επηρεάζουν την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά είναι δυνατόν να οφείλεται στους αυξημένους ρυθμούς αποδέσμευσης κατιόντων από τα ορυκτά της αργίλου που προκαλείται από τα χουμικά και φουλβικά οξέα (Tan, 1978). Η πρόσληψη κλασμάτων οργανικής ουσίας από τα φυτά έχει εξεταστεί από πολλούς ερευνητές με χρήση χρωματισμένων κλασμάτων χούμου καθώς και με ραδιενεργό C. Οι έρευνες αυτές απέδειξαν ότι τα φυτά προσλαμβάνουν με ενεργό και παθητική μεταφορά ενώσεις του χούμου με μικρό μοριακό βάρος, ενώ οι ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους ($M.W >50$ kd) απορροφούνται παθητικά (Vaughan & Ord, 1981). Παρόμοιες έρευνες έδειξαν ότι τα φουλβικά οξέα μεταφέρονται στο υπέργειο τμήμα των φυτών σε μεγαλύτερο βαθμό από τα χουμικά οξέα, πιθανότατα λόγω του μικρότερου μοριακού τους βάρους (Fuhr & Sauerbeck, 1967a, Führ, 1969). Το γεγονός ότι ενώσεις του χούμου προσλαμβάνονται από το φυτά, και σε ορισμένες χαμηλές συγκεντρώσεις έχουν ευεργετικές επιδράσεις σε αυτά μπορεί να αποτελεί ένδειξη ότι αυτές οι ενώσεις έχουν δράση παρόμοια με αυτήν διαφόρων φυτορρυθμιστικών ουσιών.

1.9.Επιδράσεις των χουμικών παραγόντων στα φυτά σε βιοχημικό επίπεδο.

Το γεγονός ότι τα κλάσματα του χούμου επιδρούν στη πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων από το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών, καθώς και το ότι ορισμένες ενώσεις του χούμου προσλαμβάνονται από τα φυτά, οδήγησε πολλούς ερευνητές στον έλεγχο των άμεσων επιδράσεων των χουμικών παραγόντων στις κυτταρικές μεμβράνες, τον μεταβολισμό, την σύνθεση πρωτεϊνών και νουκλειικών οξέων και ενεργότητα ορισμένων ενζύμων.

1.9.1. Επιδράσεις στις κυτταρικές μεμβράνες.

Η αυξημένη πρόσληψη ορισμένων θρεπτικών συστατικών από τα φυτά λόγω της επίδρασης χουμικών παραγόντων προϋποθέτει μεγαλύτερη περατότητα των κυτταρικών μεμβρανών από τα στοιχεία αυτά (Prozorovskaya, 1936, Heinrich, 1964, Vaughan & McDonald, 1971, 1976). Ο ακριβής μηχανισμός της δράσης των χουμικών παραγόντων στις κυτταρικές μεμβράνες δεν είναι πλήρως γνωστός, πιθανόν να σχετίζεται με την επιφανειακή δραστηριότητα των ουσιών αυτών λόγω της παρουσίας υδρόφιλων και υδρόφοβων ομάδων στην σύνθεση του μορίου τους. Με αυτόν τον τρόπο τα μόρια των χουμικών ουσιών μπορούν να αλληλεπιδρούν με τα

φωσφολιπίδια των κυτταρικών μεμβρανών τα οποία περιλαμβάνουν στο μόριο τους υδρόφιλες και υδρόφοβες ομάδες και να δρουν σαν φορείς θρεπτικών μέσα από τις μεμβράνες.

1.9.2. Επιδράσεις στον μεταβολισμό.

Οι επεμβάσεις με χουμικούς παράγοντες στα φυτά αυξάνουν τους ρυθμούς της φωτοσύνθεσης και της αναπνοής τους. Στον πίνακα 3 που ακολουθεί παρατηρούμε τις επιδράσεις διαλυμάτων 50 ppm χουμικών και φουλβικών οξέων στην πρόσληψη O₂ από τις ρίζες και τα φύλλα φυτών τομάτας, καθώς και την σύνθεση χλωροφύλλης.

Πίνακας 1.3. Επιδράσεις χουμικών κλασμάτων στη αναπνοή και την σύνθεση χλωροφύλλης σε φυτά τομάτας (% του μάρτυρα). (Sladky, 1959a)

Επεμβάσεις:	Πρόσληψη O ₂ από τα φύλλα (% του μάρτυρα)	Πρόσληψη O ₂ από τις ρίζες (% του μάρτυρα)	Χλωροφύλλη (% του μάρτυρα)
Μάρτυρας	100	100	100
HA 50-ppm	124	123	163
FA 50 ppm	130	138	169

Στον προηγούμενο πίνακα παρατηρούμε ότι τα φουλβικά οξέα είχαν ευεργετικότερες επιδράσεις από τα χουμικά οξέα. Η διαφυλλική εφαρμογή χουμικών και φουλβικών οξέων έχει επίσης άμεσες επιδράσεις στην αναπνοή των φυτών και στον σχηματισμό χλωροφύλλης (Sladky, 1959b, Sladky & Tichy, 1959, Flaig, 1968).

1.9.3. Επιδράσεις στην σύνθεση πρωτεϊνών και νουκλεϊκών οξέων

Σε ορισμένες μελέτες έχουν αναφερθεί επιδράσεις διαφόρων χουμικών παραγόντων στην σύνθεση νουκλεϊκών οξέων, ειδικότερα οι χουμικοί παράγοντες επιδρούν στην σύνθεση m-RNA σε ιστούς από ρίζες μπιζελιού (*Pisum sativum* L.), (Vaughan & Malcom, 1979b). Όσον αφορά την σύνθεση πρωτεϊνών, έχει διαπιστωθεί ότι οι χουμικοί παράγοντες επηρεάζουν την σύνθεση της καταλάσης, της ο-διφενολοξειδάσης και του κυτοχρώματος σε φυτά τομάτας (*Lycopersicon esculentum* L.), (Stanchev *et al.*, 1975).

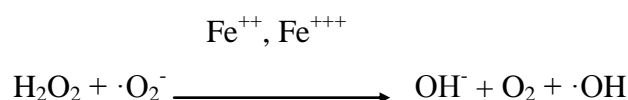
1.9.4. Επιδράσεις στην ενεργότητα ενζύμων

Η επίδραση χουμικών παραγόντων στην ενεργότητα διαφόρων ενζύμων αποτέλεσε αντικείμενο πολλών ερευνών. Οι επιδράσεις των χουμικών και φουλβικών οξέων στον μεταβολισμό του ινδολοξικού οξέος (IAA) έχουν μελετηθεί εκτενώς (Mato et al. 1971, Mato et al. 1972 a,b). Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών δείχνουν ότι τα κλάσματα του χούμου παρεμποδίζουν την ενεργότητα της IAA-οξειδάσης και κατά συνέπεια έχουμε αύξηση της συγκέντρωσης IAA στους φυτικούς ιστούς, η αύξηση αυτή επιδρά θετικά στην ανάπτυξη του φυτού. Οι χουμικές ουσίες επηρεάζουν την ενεργότητα και άλλων ενζύμων όπως: φωσφατάση (Malcom & Vaughan, 1979a,b,c), ινβερτάση (Vaughan, 1967, Malcom & Vaughan, 1979b), χολινεστεράση (DeAlmeida et al. 1980), και περοξειδάση (Vaughan & Malcom, 1979a). Γενικά ο βαθμός παρεμπόδισης των παραπάνω ενζύμων από τους χουμικούς παράγοντες είναι άμεσα συσχετιζόμενος με την συγκέντρωση εφαρμογής τους. Αντίθετα τα χαμηλού μοριακού βάρους κλάσματα των χουμικών οξέων δείχνουν ότι αυξάνουν την ενεργότητα των H⁺-ATP-ασών (Varanmi et al. 1993).

Ο μηχανισμός με τον οποίο οι χουμικές ουσίες παρεμποδίζουν την ενεργότητα διαφόρων ενζύμων δεν είναι πλήρως γνωστός. Διάφορες υποθέσεις αναφέρουν ότι τα χουμικά και τα φουλβικά οξέα προκαλούν αλλαγές στην δομή των συγκεκριμένων ενζύμων ή καταλαμβάνουν το υπόστρωμα δράσης τους με αποτέλεσμα αυτά να μην μπορούν να καταλύσουν τις συγκεκριμένες αντιδράσεις (Butler & Ladd, 1969).

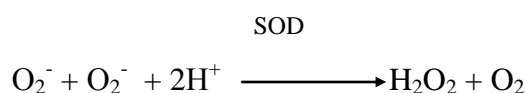
1.10. Ρόλος της υπεροξειδικής δισμουτάσης (SOD) και της περοξειδάσης (PER) στα φυτά

Κατά την διαδικασία της αναγωγής του O₂ σε H₂O στο εσωτερικό των φυτών παράγονται ορισμένες μερικώς αναγόμενες ενεργές μορφές οξυγόνου όπως τα υδροξύλια (OH), το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H₂O₂), η ρίζα του υπεροξειδίου (·O₂⁻) καθώς και η φυσιολογικός αναγόμενη μορφή του O₂ (1 O₂), (Scandalios, 1993). Ενεργές μορφές οξυγόνου παράγονται επίσης και μέσω της αντίδρασης Haber- Weiss:



Οι προαναφερόμενες μορφές οξυγόνου είναι επιβλαβείς σε ένα μεγάλο σύνολο οργανικών ενώσεων που περιέχονται στα κύτταρα όπως νουκλεϊκά οξέα, πρωτεΐνες και λιπίδια (Kaiser, 1979, Fridovich, 1986, Davis, 1987). Το σύνολο των δυσμενών αυτών επιδράσεων χαρακτηρίζεται ως οξειδωτική καταπόνηση και επάγεται κυρίως από κακές περιβαλλοντικές συνθήκες, από τραυματισμούς και μολύνσεις των φυτών από διάφορους παθογόνους οργανισμούς, καθώς και από την δράση ζιζανιοκτόνων (Scandalios, 1993). Τα ισοένζυμα της περοξειδάσης και της SOD αποτελούν βασικούς ενζυμικούς μηχανισμούς αντιμετώπισης της οξειδωτικής καταπόνησης και απαντώνται σε όλους τους αερόβιους οργανισμούς. Ένα μεγάλο σύνολο ερευνών έχει δείξει ότι η οξειδωτική καταπόνηση επάγει την έκφραση της SOD και διαφόρων περοξειδασών (Bowler et al. 1992, Scandalios, 1990, 1993, Allen, 1995). Στα φυτά, τα παραπάνω ενζυμικά συστήματα εντοπίζονται κυρίως στους χλωροπλάστες, τα μιτοχόνδρια, το κυτόπλασμα και τα μικροσώματα.

Οι SOD είναι πολυμερείς μεταλλοπρωτεΐνες που καταλύουν την αντίδραση:



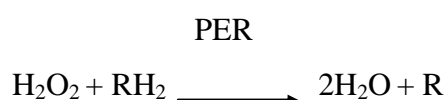
(Bowler et al. 1992, Scandalios, 1994).

Ανάλογα με το μέταλλο που φέρουν στο μόριο τους, οι SOD διακρίνονται σε: Χαλκού-Ψευδαργύρου (Cu/Zn-SOD), οι οποίες είναι διμερείς και εδράζουν στο κυτόπλασμα και τους χλωροπλάστες.

Μαγγανίου (Mn-SOD), οι οποίες είναι τετραμερείς και εδράζουν στα μιτοχόνδρια. Σιδήρου (Fe-SOD), οι οποίες είναι διμερείς και εδράζουν στους χλωροπλάστες. (Bowler et al. 1992, Scandalios, 1994).

Ο διαχωρισμός των ισοενζύμων SOD γίνεται με χρήση παρεμποδιστών χρώσεως ενεργότητας.

Οι περοξειδάσες είναι μονομερείς γλυκοπρωτεΐνες με προσθετική ομάδα αίμης, και η μοριακή τους μάζα αποτελείται από υδατάνθρακες σε ποσοστό περίπου 15%, (Van Huystee, 1987). Στα κύτταρα καταλύουν την αντίδραση:



Όπου R το υπόστρωμα δράσης που διαφέρει για κάθε περοξειδάση, η εξειδίκευση του ενζύμου στο υπόστρωμα δράσης δεν είναι μεγάλη, σε αντίθεση με την καταλυτική

του ικανότητα (Gaspar et al. 1992). Στα ανώτερα φυτά έχουν εντοπιστεί έως και 35 ισοένζυμα περοξειδάσης (Lagrimini et al. 1990), των οποίων το μοριακό βάρος παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις (30-60 kD). Η διάκριση των ισοενζύμων περοξειδάσης γίνεται με βάση το ισοηλεκτρικό τους σημείο, έτσι έχουμε τον διαχωρισμό τους στις κατιονικές ή βασικές και στις ανιονικές ή όξινες. Τα όξινα ισοένζυμα εδράζονται συνήθως στα κυτταρικά τοιχώματα τα βασικά στα χυμοτόπια των κυττάρων (Schloss et al. 1987).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΗΜΑΣΙΑ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ

Τα εδάφη αποτελούνται από 4 κύρια συστατικά, πολύ καλά αναμειγμένα: ανόργανα υλικά, οργανικά υλικά και τα δύο σε κατάσταση λεπτού διαμερισμού νερό και αέρα. Σε ένα ανόργανο έδαφος η αναλογία των παραπάνω συστατικών κατ' όγκο είναι αντίστοιχα 45:5:25:25 δηλαδή ο όγκος ενός τέτοιου εδάφους περιλαμβάνει πόρους που κατέχουν το 50% περίπου και είναι γεμάτοι από νερό και αέρα σε ίση περίπου αναλογία. Για τα εδάφη της χώρας μας η αναλογία των οργανικών συστατικών είναι μικρή και κυμαίνεται μεταξύ 1-2% για τα κοινά γεωργικά εδάφη. Το οργανικό υλικό του εδάφους είναι μάλλον μεταβατικής φύσης επειδή υπόκειται σε μια συνεχή και διαρκή βιολογική αποσύνθεση. Αποτελείται από τα συσσωρευόμενα μερικώς αποσυντιθέμενα ζωικά και φυτικά υπολείμματα. Νέες προσθήκες προσφάτων οργανικών υπολειμμάτων λαμβάνουν χώρα στα περισσότερα εδάφη.

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι η πρώτη ύλη για την οργανική ουσία του εδάφους είναι άμεσα ή έμμεσα τα ανώτερα φυτά. Υπό φυσικές συνθήκες όλα τα οργανικά υπολείμματα των ανωτέρω φυτών, τόσο αυτά που αποτελούν το υπέργειο μέρος (βλαστός, φύλλα, καρποί κλπ) όσο και το υπόγειο (ρίζες κλπ) προσβάλλονται και αποσυντίθενται από τους μικροοργανισμούς του εδάφους και το προκύπτον υπολειμματικό προϊόν ενσωματώνεται στο έδαφος. Στα υπό αποσύνθεση φυτικά υπολείμματα περιλαμβάνεται πληθώρα οργανικών ενώσεων, οι σπουδαιότερες από τις οποίες είναι οι εξής: α) Λίπη, έλαια, κηροί, στερόλες και τερπένια β) Υδατάνθρακες μόνο και πολυσακχαρίτες (άμυλο, κυτταρίνη κτλ) γ) Οργανικά οξέα αλδεΐδες, κετόνες, αλκοόλες, λιγνίνες, κυκλικές ενώσεις, αλκαλοειδή, πρωτεΐνες,

ένζυμα, βιταμίνες, ορμόνες και άλλα σπουδαία προϊόντα της ζωντανής ύλης, πολλές φορές άγνωστης χημικής σύνθεσης.

Από τις παραπάνω ουσίες άλλες αποσυντίθενται γρήγορα και άλλες πιο αργά. Η πορεία από τις ταχύτερα διασπώμενες προς τις βραδύτερα διασπώμενες ουσίες είναι: Σάκχαρα, πρωτεΐνες, ημικυτταρίνες, κυτταρίνη → ταχέως διασπώμενες

Λιγνίνες, λίπη, κηροί → βραδέως διασπώμενες

Για τη διάσπαση των παραπάνω ουσιών οι μικροοργανισμοί του εδάφους παίρνουν κατ' αρχήν την ενέργεια που τους χρειάζεται για τον πολλαπλασιασμό τους και την οικοδόμηση του σώματός τους, ενώ ταυτόχρονα εκκρίνουν ένζυμα τα οποία διασπών τις χημικές ενώσεις πλούσιες σε ενέργεια, ένα μεγάλο ποσό της οποίας εκλύεται στο περιβάλλον υπό μορφή θερμότητας.

Ορισμένα συστατικά των φυτικών υπολειμμάτων, και ιδιαίτερα οι λιγνίνες, είναι ανθεκτικές στις προσβολές των μικροοργανισμών και παρά το γεγονός ότι υφίστανται κάποια μικρή οξειδωση που τις καθιστά ενεργότερες από χημική άποψη, παραμένουν επί μακρό χρονικό διάστημα στο έδαφος και ενώνονται με τις ουσίες τις οποίες συνθέτουν οι μικροοργανισμοί. Το προϊόν αυτής της ένωσης, στο οποίο ενσωματώνονται τα αζωτούχα και άλλα συστατικά, αποτελεί τον χούμο.

Ο χούμος περιγράφεται ως ένα σκοτεινόχρωμο, κολλοειδές, άμορφο υλικό, μοριακού βάρους κυμαινόμενου από 5.000 – 50.000 με πολύ μεγάλη ειδική επιφάνεια και ολική εναλλακτική ικανότητα (CEC), καθώς και με ικανότητα απορρόφησης υγρασίας. Παρά το γεγονός ότι ο χούμος αποτελεί ένα πολύ μικρό ποσοστό του εδάφους (1-2%), επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις ιδιότητές του, καθώς και την ανάπτυξη των φυτών. Όσον αφορά τις επιδράσεις του χούμου στις ιδιότητες του εδάφους, σημειώνονται τα παρακάτω:

- α. μειώνει την πλαστικότητα και τη συνοχή των αργιλωδών εδαφών
- β. βελτιώνει τη δομή τόσο των αμμωδών όσο και των αργιλωδών εδαφών
- γ. αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης υγρασίας, την CEC και τη ρυθμιστική ικανότητα όλων των εδαφών. Αυτή δε η αύξηση είναι ιδιαίτερα επωφελής στα αμμώδη και γενικά στα ελαφρά σε σύσταση εδάφη.
- δ. προστατεύει από έκπλυση και άλλου είδους απώλειες στοιχεία όπως το N το S κ.α., αποδεσμευοντάς τα με βραδύ ρυθμό κατά την παραπέρα βραδεία αποσύνθεσή του.
- ε. ο όξινος χούμος, δηλαδή οργανικά κολλοειδή με προσροφημένα ιόντα υδρογόνου, αντιστοιχεί σε σχετικώς ισχυρά οργανικά οξέα και για τούτο έχει την ικανότητα να

διαλυτοποιεί βάσεις, αποσπώντας τις από το κρυσταλλικό πλέγμα αδιάλυτων ορυκτών και προσροφώντας τις ως ανταλλάξιμες, οπότε διατίθενται ευχερώς για τη θρέψη των φυτών.

στ. Τέλος, ο χούμος περιέχει μικρά ποσά βιταμινών και ορμονών, οι οποίες απορροφώμενες σε ελάχιστα ποσά από τα ανώτερα φυτά μπορούν να υποβοηθούν την ανάπτυξή τους καθώς και την ανάπτυξη των μικροοργανισμών.

2.1. Σχέση C/N στο χούμο

Ο λόγος C/N είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της ποιότητας του χούμου. Σύμφωνα με τον Πολυζόπουλο (1971) το πηλίκο αυτό εμφανίζει μια σταθερότητα κατά περιοχές και κυμαίνεται γενικά μεταξύ 8-15, αλλά όχι σπάνια παρατηρούνται και τιμές εκτός αυτών των ορίων.

Σύμφωνα με μετρήσεις που έγιναν στο σταθμό εδαφολογίας στη Θεσσαλονίκη, διαπίστωσαν ότι οι τιμές του πηλίκου C/N 40 δειγμάτων εδαφών της Β. Ελλάδας εκυμαίνοντο από 8,1 - 13,8. Η τιμή του πηλίκου C/N στα φυτικά υπολείμματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή οργανικής ουσίας του εδάφους είναι πάντοτε υψηλότερη από τις τιμές που αναφέρθηκαν προηγουμένως και κυμαίνεται από 100 για το άχυρο ορισμένων σιτηρών μέχρι 10-20 για τους νεαρούς ιστούς ψυχανθών και την κοπριά. Τέλος, η τιμή του C/N στα κύτταρα των μικροοργανισμών είναι μικρότερη, κυμαινόμενη μεταξύ 4 (για τα βακτήρια) και 9 (για τους μύκητες). Όταν προστίθενται στο έδαφος πρόσφατα φυτικά υπολείμματα και εφόσον υπάρχει αρκετή υγρασία και υψηλή θερμοκρασία αρχίζει αμέσως η προσβολή τους από μικροοργανισμούς που πολλαπλασιάζονται ταχύτατα. Το άζωτο που χρειάζονται οι μικροοργανισμοί για να σχηματίσουν τις πρωτεΐνες των κυττάρων τους προσλαμβάνεται από το έδαφος, με αποτέλεσμα να το στερούνται τα φυτά και τα τελευταία να εμφανίζουν συμπτώματα ελείψεως N. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο τα παράγωγα της καλαμιάς του σίτου μετά το θερισμό δυνατόν να έχει συχνά ως συνέπεια το να υποφέρουν από έλλειψη N τα φυτά του σταριού που επανασπείρετε το φθινόπωρο στα πρώτα στάδια της ανάπτυξής τους.

2.1.1. Τρόποι ή τακτικές διατήρησης του χούμου στο έδαφος

Η διατήρηση της οργανικής ουσίας στο έδαφος εξαρτάται σ' ένα βαθμό από τις κλιματικές συνθήκες και από τη φύση της βλάστησης που επικρατεί σε μια περιοχή (λειμώνες, δάση). Εξαρτάται επίσης από τις συνθήκες αερισμού και υγρασίας καθώς και από τη μηχανική σύσταση και τη δομή των εδαφών. Γενικά οι εδαφολόγοι (Πολυζόπουλος) αναφέρουν τις εξής γενικεύσεις:

1. Όσο υγρότερο και ψυχρότερο είναι ένα κλίμα τόσο η περιεκτικότητα των εδαφών σε οργανική ουσία είναι, κάτω από τις ίδιες συνθήκες, υψηλότερες. Έτσι, τα γεωργικά εδάφη της βόρειας και δυτικής Ευρώπης έχουν συνήθως περιεκτικότητα σε οργανική ουσία μεγαλύτερη του 3% και συχνά του 4%, ενώ τα Ελληνικά εδάφη έχουν περιεκτικότητα 1-2%.
2. Η συχνή κατεργασία του εδάφους με καλλιεργητικά εργαλεία βελτιώνει τον αερισμό του και επομένως τείνει να ευνοήσει την οξείδωση της οργανικής ουσίας.
3. Η κακή στράγγιση, ανεξάρτητα από τις άλλες δυσμενείς συνέπειες για τη βλάστηση, ευνοεί τη συσσώρευση οργανικής ουσίας στο έδαφος γιατί εμποδίζει τον αερισμό του.
4. Ο επαρκής εφοδιασμός του εδάφους σε ασβέστιο τείνει γενικά με την ενθάρρυνση των μικροοργανισμών που επιφέρει σε μια πληρέστερη οξείδωση της οργανικής ουσίας και συντελεί έτσι στη μείωση του ποσοστού της. Αντίθετα, πολύ όξινες συνθήκες συντελούν στη συσσώρευση οργανικής ουσίας.

Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι η περιεκτικότητα των εδαφών σε οργανική ουσία πρέπει να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα, όμως αυτό δεν είναι εφικτό σε πολλές περιπτώσεις. Έτσι είναι αδύνατο να διατηρηθεί η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία των γεωργικών εδαφών στο ίδιο επίπεδο με τα αντίστοιχα παρθένα εδάφη.

Επισημαίνεται ότι τούτο δεν είναι αναγκαίο, αφού υπό κατάλληλες λοιπές συνθήκες είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν πολύ ικανοποιητικές αποδόσεις με πολύ χαμηλότερα ποσοστά οργανικής ουσίας. Δεν είναι όμως και επιθυμητό, διότι η προσπάθεια ανύψωσης του ποσοστού της οργανικής ουσίας σε ένα έδαφος αποτελεί ένα πολύ δαπανηρό εγχείρημα. Είναι όμως φανερό ότι η υπερβολική μείωση της οργανικής ουσίας ενός εδάφους θα πρέπει να αποφευχθεί διότι θα οδηγήσει σε μείωση των αποδόσεων. Επισημαίνεται ακόμη ότι σε ένα δεδομένο σύστημα γεωργικής εκμετάλλευσης το ποσοστό της οργανικής ουσίας του εδάφους τείνει να σταθεροποιηθεί σε μια τιμή ισορροπίας και ότι μετά από μια πρόσκαιρη απόκλιση

από την τιμή αυτή, είτε προς τα πάνω (με άφθονη προσθήκη οργανικών υλικών) είτε προς τα κάτω, η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία τείνει αυτόματα να αποκατασταθεί και πάλι στην τιμή ισορροπίας. Για το λόγο αυτό η προσπάθεια απότομης ανύψωσης της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία ενός γεωργικού εδάφους με προσθήκη άφθονων οργανικών υλικών, κοπριάς, υπολειμμάτων κλπ, είναι εγχείρημα πολύ δαπανηρό και γενικά χωρίς μόνιμο αποτέλεσμα, πέραν του ότι διαταράσσεται η σχέση C/N με όλες τις δυσμενείς συνέπειες για την πρόσληψη N από τα φυτά.

Από όσα αναφέρθηκαν διαγράφεται σαφώς η τακτική που πρέπει να ακολουθηθεί προκειμένου να διατηρηθεί η οργανική ουσία των γεωργικών εδαφών σε ικανοποιητικό επίπεδο: α) υιοθέτηση αμειψισπορών β) η επιστροφή στο έδαφος με παράχωμα όλων των φυτικών υπολειμμάτων γ) ο περιορισμός του αριθμού και του βάθους των αρόσεων δ) μέριμνα για επαρκή αζωτούχο χημική λίπανση ε) η επίτευξη με παντοίους τρόπους υψηλών αποδόσεων ζ) η προσθήκη στο έδαφος κοπριάς ή άλλων οργανικών υλικών ή χλωρή λίπανση.

Κλείνοντας το κεφάλαιο θα πρέπει να αναφέρουμε ότι τα χρησιμοποιούμενα οργανικά παρασκευάσματα (compost) δεν μπορούν να επιφέρουν εμπλουτισμό της οργανικής ουσίας στο έδαφος, πέραν του ότι είναι πάρα πολύ δαπανηρά. Όμως τα παρασκευάσματα αυτά θα μπορούσαν να βελτιώσουν τη δομή του εδάφους με τη δημιουργία καταλλήλων και σταθερών συσσωματωμάτων με την προσθήκη τους σε μικρές μόνο ποσότητες. Η χρήση των παρασκευασμάτων θα μπορούσε ενδεχομένως να δικαιολογηθεί όταν στοχεύεται η αναζωπύρωση της μικροβιακής δραστηριότητας στο έδαφος με τελικό σκοπό την αύξηση της γονιμότητάς του.

2.2. Η χρησιμοποίηση οργανικής ουσίας στο αμπέλι

Πολλές παρατηρήσεις κάνουν λόγο για μια αναζωπύρωση της χλώρωσης Fe όταν ενσωματώνονται στο έδαφος οργανικές ουσίες. Πράγματι, από το 1895 είναι γνωστό ότι η προσθήκη οργανικής ουσίας θα πρέπει να θεωρείται ως μια σημαντική επιβαρυντική αιτία της χλώρωσης Fe (Juste C. *et al.*, 1975). Η ενσωμάτωση την άνοιξη κοπριάς με πολύ άχυρο ή χλωρής λίπανσης σε ασβεστούχα εδάφη πολύ συχνά προκαλεί υπερβολική εμφάνιση χλώρωσης.

Ο Juste (1967) αναφέρει ότι σε ασβεστούχα εδάφη υπήρχε μια αναζωπύρωση της χλώρωσης ύστερα από προσθήκη άφθονης κοπριάς του στάβλου. Αυτό που είναι

σημαντικό εδώ είναι ότι αυτό ο ερευνητής ήταν ήδη σε θέση να δώσει εξηγήσεις σ' αυτό το φαινόμενο (διάλυση του CaCO_3 από το διοξείδιο του άνθρακος CO_2 που γεννάται από την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών και αύξηση της περιεκτικότητας δικαυβονικών ιόντων και συνιστούσε ένα τρόπο καταπολέμησης αρκετά παράδοξο αλλά με νόημα, ο οποίος συνίστατο στην προσθήκη ασβέστη (που προοριζόταν να δεσμεύσει το περίσσειμα του διοξειδίου του άνθρακος που παράγεται από τις οργανικές ουσίες σε αποσύνθεση) στο πρέμνο. Εάν η ενσωμάτωση στο έδαφος προκαλεί σε μια πρώτη φάση επιδείνωση της χλώρωσης, η τελική επίδραση αυτής της πρακτικής μπορεί, όπως αποδείχτηκε αργότερα (C. Courpron et Juste, 1975) να οδηγήσει σε ελάττωση της χλωρωτικής ικανότητας του εδάφους. Η εξήγηση που δόθηκε στο φαινόμενο αυτό βρίσκεται ακόμα στον τομέα της υπόθεσης (παραγωγή μεταβολικών μικροβιακής προέλευσης που ευνοούν τη χρησιμοποίηση του Fe από το φυτό). (C. Courpron et Juste, 1975).

Σύμφωνα με τον Rouget, διαπιστώθηκε ομοίως ότι σε χλωρωτικά εδάφη κάθε μαζική προσθήκη οργανικής λίπανσης (κοπριά, χλωρή λίπανση) ακολουθείται γρήγορα από μια επιδείνωση των συμπτωμάτων της χλώρωσης. Διαπιστώθηκε ωστόσο ότι κάτω από ειδικές συνθήκες η προσθήκη οργανικής ουσίας σε ασβεστώδη εδάφη μπορεί να έχει αντίθετο αποτέλεσμα, δηλαδή την ελάττωση της χλωρ. ικανότητας του εδάφους (Courpron et Juste, 1975).

Αν και σε ασβεστούχα εδάφη ένα σημαντικό μέρος του συνολικού σιδήρου εντοπίστηκε στο επίπεδο των ριζών που κατακρημνίζεται εκτός των ριζών και δεσμεύεται στον αποπλάστη της ρίζας (Cosegarten) είναι ακόμη ασαφές ποια αναλογία του απορροφούμενου Fe συγκρατείται στο επίπεδο των ριζών και πόση μεταφέρεται στο φύλλωμα, όπου υφίσταται μια δεύτερη αναγωγή πριν την είσοδό του στα κύτταρα του μεσοφύλλου. Η διαθεσιμότητα Fe για αναγωγή στον αποπλάστη του φύλλου είναι ένα δεύτερο σημαντικό βήμα, απαραίτητο πριν ο Fe μπορέσει να απορροφηθεί από τα κύτταρα του φύλλου. Σε ένα χλωρωτικό φύλλο η ύπαρξη αποθεμάτων Fe, τα οποία κατά ένα τρόπο αδρανοποιήθηκαν, προτάθηκε από τον Mengel 1994; και αποδείχτηκε από άλλους ερευνητές ένα γεγονός που υπαινίσσεται ότι μέρος του Fe που προέρχεται από τις ρίζες δεν περνά το πλασμαύλωμα του φύλλου και πρέπει να δεσμεύεται στον αποπλάστη. Οι λόγοι για την αδρανοποίηση του Fe στον αποπλάστη είναι ακόμη υπό συζήτηση. Για κάποιους ερευνητές η αδρανοποίηση του Fe είναι μια παράπλευρη επίδραση που συμβαίνει στο φύλλο μετά το συμβάν της

χλώρωσης Fe: Μια υψηλή συγκέντρωση όξινης ανθρακικής ρίζας (HCO_3^-) στο έδαφος θα οδηγούσε σε μια μείωση της απορρόφησης και διαθεσιμότητας Fe για την ανάπτυξη του φυλλώματος, ομοίως και η υψηλή συγκέντρωση Fe εντός των χλωρωτικών φυτών θα ήταν η τελική συνέπεια της επίδρασης παρεμπόδισης της αύξησης του φύλλου, ως αποτέλεσμα των δικαρβονικών.

Άλλοι ερευνητές θεωρούν την αδρανοποίηση του Fe μείζονος σημασίας για την ανάπτυξη της χλώρωσης Fe και έχουν ταυτοποιήσει κάποιους υπεύθυνους παράγοντες. Σύμφωνα με τον Mengel, η μικρή αποδοτικότητα του Fe στους φυτικούς ιστούς σχετίζεται κατ' αρχήν με το υψηλό pH του αποπλάστη του φύλλου υπό αλκαλικές συνθήκες, που θα εξασθενίζουν την αναγωγή του Fe^{3+} από τα κύτταρα του μεσοφύλλου και κατά συνέπεια θα επιβράδυναν τη μεταφορά του Fe μέσω του πλασμαλίματος.

Περισσότερες γνώσεις για το pH του αποπλάστη και την αναγωγή του σε Fe^{3+} προέκυψαν από μελέτες από τον Kosegarten *et al.* (1999) όπου, ύστερα από ανάπτυξη μιας τεχνικής για μετρήσεις *in vivo*, ανακάλυψε ότι το αλκαλικό pH του αποπλάστη σε διαφορετικά τμήματα του φύλλου μπορεί να φτάσει τιμές (6,3-7,0) ικανές να επιβραδύνουν την αναγωγή του Fe^{3+} . Η σχέση ανάμεσα στη χλώρωση και το pH του αποπλάστη επιβεβαιώνεται επίσης από τα δεδομένα Lopez Millan *et al*, οι οποίοι βρήκαν ότι το pH του αποπλάστη του φύλλου από δένδρα αγλαδιάς που αναπτύχθηκαν στο χωράφι από 5,5-5,9 στο 6,5-6,6. Koagen *et al.* Οι Sigest υπαινίσσονται ότι τα νιτρικά, σχεδόν η μοναδική μορφή αζώτου που μπορεί να διατεθεί για απορρόφηση σε ανθρακικά εδάφη, παίζει ένα ρόλο κλειδί στην αλκαλίωση του αποπλάστη του φύλλου. Αρκετά καρποφόρα δένδρα ανοίγουν τα νιτρικά στο επίπεδο των ριζών και μεταφέρουν το N ως αμινοξέα μέσω του ακατέργαστου χυμού (Faust, 1989), διαφορετικές διαδικασίες από την απορρόφηση νιτρικών στα κύτταρα του φύλλου μπορούν να εμπλέκονται στην αλκαλίωση του αποπλάστη και στην αδρανοποίηση του Fe στα φύλλα.

Άριστες τιμές pH για την αναγωγή Fe^{3+} στον αποπλάστη άθικτων φύλλων επιτεύχθηκαν σε pH 5 του αποπλάστη (Kosegarten *et al.*) και σε πειράματα πρωτοπλάστες φύλλου το οποίο πιθανόν σχετίζεται με το άριστο pH στην περιοχή του αποπλάστη της ρεδουκτάσης του Fe^{3+} σιδήρου, ο οποίος είναι εντοπισμένος στο πλασμαλάμμα εκτιμήθηκε κατά προσέγγιση στο 5,5 – 6,0.

Η θεωρία της αδρανοποίησης του Fe που οφείλεται στην αλκαλίωση του αποπλάστη και ανταποκρίνεται σε πειραματικά δεδομένα που επιτεύχθηκαν υπό συνθήκες αγρού, δείχνοντας την επαναπόκτηση πρασίνου χρώματος των χλωρωτικών φύλλων ως αποτέλεσμα ψεκασμού οξίνων διαλυμάτων στο φύλλωμα. (Sahu et al., Kosegarten et al 2001). Ψεκάζοντας χλωρωτικά φύλλα ηλίανθου με κιτρικό οξύ προστάτησε από την πτώση το pH του αποπλάστη από 5,5 στο 5,0 και βρήκε ένα επαναπρασινισμό των φύλλων των οποίων η συγκέντρωση θα παρέμεινε στο ίδιο επίπεδο.

Αν και το δικαρβονικό ασκεί άμεση επίδραση στην αδρανοποίηση του Fe στο φύλλο συζητείται ακόμη και αξίζει περαιτέρω προσοχής. Πειράματα από τον Rutland (1971) έδειξαν ότι η παρουσία δικαρβονικού στο μέσον αλλάζει την κανονική κατανομή Fe, ο οποίος δεν φτάνει στις μεταξύ των αγγείων ελασματοειδείς περιοχές, ενώ συσσωρεύεται στα αγγεία και στους πέριξ ιστούς. Σχετικά υψηλά διτανθρακικά συγκεντρώσεων (πάνω από 1,8mm) βρέθηκε στον ακατέργαστο χυμό ξυλωδών φυτών όπως *Populus de toides*. Ωστόσο, σύμφωνα με άλλους ερευνητές, σε τυπικές τιμές pH αποπλάστη από 5,5-6, τα δικαρβονικά μπορεί να μην εμφανιστούν.

Κατά τη διάρκεια που συμβαίνει η χλώρωση σιδήρου το κιτρικό: η αναλογία του Fe στον αποπλάστη του φύλλου αυξάνει σημαντικά. Όπως βρήκε στο φασόλι *fabia bean* και στο ζαχαρότευτλο (Lopez et Milan 2001). Καθώς η FCR δραστηριότητα επηρεάζεται δυσμενώς από την αύξηση του κιτρικού: αναλογία Fe, (Lopez et Millan 2001) είναι πιθανώς ότι η συσσώρευση του Fe εις τον αποπλάστη του φύλλου μπορεί, κατ' ελάχιστο μέρος, μπορεί να προκύπτει από υψηλές συγκεντρώσεις κιτρικού του αποπλάστη του φύλλου.

Σε αυξανόμενες τιμές pH ο κιτρικός Fe μπορεί να σχηματίζει μακρά κιτρικά πολυμερή και επίσης μπορεί να είναι αιτία για την ελατούμενη αναγωγή του τρισθενούς κιτρικού σιδήρου (Fe^{3+} citrate). Κανείς μπορεί να υποθέσει αν και η ελάτωση της συγκέντρωσης κιτρικού στον ακατέργαστο χυμό των χλωρωτικών φυτών σχετίζεται με την απορρόφηση δις ανθρακικών από τις ρίζες και η αντίδρασή τους με το φωσφορο-ενολ-πυροσταφολικό οδηγώντας σε οξαλοξικό το οποίο είναι ένας πρόδρομος της σύνθεσης του κιτρικού.

Χρησιμοποίησαν μια οικολογική προσέγγιση στα πειράματά τους ο Solen και ο Taples, υπαινίχτηκαν ότι τα ασβεστόφιλα και ασβεστόφοβα είδη έχουν διαφορετική ικανότητα να χρησιμοποιούν το σίδηρο που προσλαμβάνεται από τις ρίζες. Με

εξαιρέσεις, αν και η απόρρηση Fe από τα ασβεστόφοβα δεν περιορίζεται ακόμα και σε ασβεστούχα εδάφη, αυτά σε αντίθεση με τα ασβεστόφιλα δεν είναι ικανά να συγκρατήσουν το Fe σε μια μεταβολικά ενεργό μορφή και τα φύλλα ξαναγίνονται χλωρωτικά.

Σύμφωνα με τον Rouget (1974) η υπερβολική καρποφορία ένα έτος έχει ως αποτέλεσμα τα φυτά να καθίστανται περισσότερο επιρρεπή στην εμφάνιση σοβαρών συμπτωμάτων χλώρωσης την επόμενη χρονιά. Το φαινόμενο ερμηνεύεται από το γεγονός ότι δεν αποθηκεύονται αρκετές ποσότητες σακχάρων στις ρίζες με αποτέλεσμα η ανάκαμψη της βλάστησης την επόμενη χρονιά να μην είναι δραστήρια. Σ' αυτό το πλαίσιο είναι ενδιαφέρον ότι ο Fe προσλαμβάνεται μόνο από τις μύτες των ριζών και επομένως ο αριθμός των κορυφών της ρίζας που παρήχθη από το υποκείμενο την άνοιξη μπορεί να έχει επίδραση στην απορρόφηση του Fe.

Μια άλλη ιδιαίτερη άποψη για τη θρέψη Fe στα δένδρα σχετίζεται με το μέγεθός τους και το γεγονός ότι μετά την απορρόφηση ο Fe οφείλει να μεταφερθεί σε μια μακρά απόσταση για να φτάσει στη φυλλική επιφάνεια. Προβλήματα στη μεταφορά μέσω του ξυλώματος είναι επομένως περισσότερο πιθανά στα ωριμάνια δένδρα. Τυπικά συμπτώματα χλώρωσης σιδήρου: κιτρίνισμα μεταξύ των νευρώσεων ή ενίοτε άτυπη ομοιόμορφη χλώρωση όπως στην αχλαδιά, στα δενδρώδη και τα αμπέλια αρχίζανε αμέσως με την έκπτυξη των οφθαλμών, πιθανώς ως αποτέλεσμα ανεπαρκούς αποθήκευσης σιδήρου, ή αναπτύσσονται καθ' όλη τη διάρκεια της βλαστικής εποχής, ως συνέπεια των υπερβολικών απαιτήσεων του φυτού που υπάρχουν σε σχέση με τη διαθεσιμότητα σιδήρου. Γενικά, ωστόσο, η χλώρωση εμφανίζεται περισσότερο συχνά την άνοιξη, όταν οι βροχοπτώσεις προκαλούν μια αύξηση της συγκέντρωσης των δικαρβονικών στο έδαφος (Boxma, 1982) σε μια περίοδο έντονων απαιτήσεων σε Fe. Εάν οι συνθήκες του εδάφους βελτιωθούν κατόπιν, νέα πράσινα φύλλα εμφανίζονται αλλά τα προηγούμενα χλωρωτικά φύλλα είναι απίθανο να ξαναπρασινίσουν.

Οι απώλειες παραγωγής καρπού που προκαλούνται από τη χλώρωση του φύλλου εξαρτώνται από το βαθμό και από την περίοδο που αναπτύσσεται η χλώρωση και γενικά οι κρίσιμες περιόδους συμπίπτουν με την άνθιση και το δέσιμο του καρπού: αυτό ιδιαίτερα εφαρμόζεται σε καρπούς που δεν δένουν εύκολα, όπως τα αχλάδια ή το ακτινίδιο, του οποίου το τελικό μέγεθος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον αριθμό των σπόρων.

Ένα σχετικά υψηλό επίπεδο χλώρωσης είναι πιθανόν περισσότερο αποδεκτό σε άλλες φαινολογικές φάσεις, ειδικά εάν αυτό περιορίζεται στο μέρος της φυλλικής επιφάνειας όπου μόνο βλαστικά και όχι ανθοφόροι οφθαλμοί εμφανίζονται. Τα χλωρωτικά συμπτώματα επίσης ποικίλουν από χρονιά σε χρονιά, ως αποτέλεσμα διαφοράς των δέντρων και περιβαλλοντικών μεταβλητών όπως οι αποδόσεις, οι θερμοκρασίες, οι βροχές. Σε εδάφη όπου τα άγονα επιφανειακά στρώματα είναι λιγότερο πλούσια σε CaCO_3 από τα βαθύτερα στρώματα, είναι πιθανόν ότι σε δένδρα και αμπέλια αναπτύσσεται χλώρωση μόνο όταν η ηλικία τους και η εξερεύνηση των στρωμάτων από τις ρίζες με φτωχές συνθήκες για την απορρόφησης Fe.

Η μελέτη των χαρακτηριστικών του εδαφικού προφίλ παρέχει ένα χρήσιμο εργαλείο για την κατανόηση τέτοιων προβλημάτων. Εδάφη τα οποία επί πολλά χρόνια είχαν υποστεί όργωμα πριν από τη φύτευση μπορούν να παρουσιάζουν στρώματα λεπτής δομής ακριβώς από κάτω από το βάθος οργώματος το οποίο θα μπορούσε να είναι πλούσιο σε CaCO_3 εξαιτίας της έκπλυσης από περισσότερα επιφανειακά στρώματα. Η καθαρή αφαίρεση υπολογίζεται κυρίως από το ποσό που αναπληρώνεται στα χωράφια και τα ξύλα κλαδέματος, αν δεν αφέθηκε στο έδαφος και κόπηκε, ενώ η ποσότητα του Fe σε πολυετές πλαίσιο με μια σχετικά σταθερή βιομάζα δεν διαφοροποιείται σημαντικά από έτος σε έτος και είναι, επομένως, αμελητέα. Για το ακτινίδιο οι συγκεντρώσεις του Fe των 33 mg/g ξηρού βάρους εκτιμήθηκαν ως αποτέλεσμα μιας συνολικής αφαίρεσης Fe σιδήρου στους καρπούς γύρω στα 160g ανά εκτάριο/ha⁻¹ για μια παραγωγή καρπού των 30 tn/εκτάριο.

Ετήσια αφαίρεση Fe δια του ξύλου κλαδέματος εκτιμήθηκε από τον Abadía *et al.*, (2000) για τα δένδρα ροδακινιάς στη Βόρεια Ισπανία να είναι της τάξης των 150g Fe/εκτάριο και παρόμοιες ποσότητες Fe υπολογίστηκαν να επιστρέφουν στο έδαφος μέσω των φύλλων μετά την αποκοπή τους.

2.3. Η διαθεσιμότητα του σιδήρου στο έδαφος

Καθώς περιγράφηκε προηγουμένως, οι ετήσιες απώλειες Fe στα δενδρώδη και τα αμπέλια είναι σχετικά χαμηλές. Οι συνολικές ποσότητες Fe στη θεωρία στα καλλιεργούμενα εδάφη δεν θα μπορούσαν να δικαιολογήσουν την εμφάνιση τροφопενίας (έλλειψης) Fe, η οποία, εντούτοις, συμβαίνει συχνά ως αποτέλεσμα

μικρής διαθεσιμότητας Fe για τα φυτά. Διάφορα εδάφη με τα αναφερθέντα χαρακτηριστικά μπορούν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη χλώρωσης Fe.

Η πρόβλεψη των κινδύνων μιας μελλοντικής εμφάνισης χλώρωσης Fe σε μια φύτευση είναι μεγαλύτερης σημασίας στο καρποφόρο δένδρο στη βιομηχανία του σταφυλιού και θα μπορούσε να οδηγήσει στην ορθή επιλογή του υποκειμένου που θα χρησιμοποιηθεί. Σφάλματα σ' αυτό το στάδιο θα μπορούσαν να καταστήσουν πιθανώς την επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων χωρίς αγρονομικά και χημικά μέσα για την ολική επιδιόρθωση της χλώρωσης καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής των δενδρωδών και των αμπελιών. Δεδομένου του αριθμού των εδαφικών παραγόντων που εξασθενίζουν τη θρέψη Fe δεν είναι πάντα εύκολο να προλεχθεί η δυνατή εμφάνιση σιδήρου σε μια πολυετή καλλιέργεια με βάση μιας και μοναδικής παραμέτρου του εδάφους. Το pH του εδάφους είναι συχνά μία χρήσιμη αλλά όχι επαρκής παράμετρος. Είναι ευρέως γνωστό ότι η παραγωγή καρπών που είναι προσαρμοσμένη σε όξινα εδάφη γρήγορα αναπτύσσουν χλώρωση σε υποαλκαλικές ή αλκαλικές συνθήκες (π.χ. βατόμουρο, ακτινίδιο, raspberry) ενώ άλλοι γενότυποι είναι περισσότερο ικανοί να αντιμετωπίσουν υψηλά εδαφικά pH (πιθανόν μέσω μιας έμφυτης ικανότητας του σε υψηλότερο pH του αποπλάστη της ρίζας), εκτός εάν το έδαφος είναι επίσης ασβεστόχο και επομένως ρυθμισμένο στο επίπεδο των 7,5-8,5 (Loeppert et al., 1994). Το ολικό ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) ωστόσο είναι όχι ιδιαίτερα χρήσιμο για να προβλεφθεί η ανάπτυξη της χλώρωσης Fe, ενώ το λεπτό κλάσμα ενεργού ανθρακικού ασβεστίου (Drouineau, 1942) είναι περισσότερο ενεργό και επομένως ικανό να οικοδομήσει και να διατηρήσει υψηλό επίπεδο όξινων ανθρακικών (HCO_3^-) στο εδαφικό διάλυμα (Inskeep and Bloom, 1986) και είναι επομένως συχνά ένας περισσότερο αξιόπιστος δείκτης. Τα είδη κατατάσσονται σε συμφωνία (ακολουθώντας) με το επίπεδο του ενεργού ανθρακικού ασβεστίου στο οποίο αρχίζουν να αναπτύσσονται χλωρωτικά συμπτώματα: πολύ ευαίσθητα είδη ή γενότυποι όπως το quince και το ακτινίδιο δεν ανέχονται ακόμα χαμηλότερες συγκεντρώσεις ενεργού ανθρακικού ασβεστίου ($<50 \text{ g kg}^{-1}$), ενώ πολλοί γενότυποι αμπέλου (*vitis*) μπορούν να καλλιεργηθούν σε εδάφη με $100-150 \text{ g kg}^{-1}$ ενεργού ανθρακικού ασβεστίου. Ενδείξεις που επιτεύχθηκαν στο σταφύλι υπαινίσσονται ότι ένας μοναδικός (ιδιαίτερος) γενότυπος μπορεί να ανέχεται υψηλότερα επίπεδα ενεργού ανθρακικού ασβεστίου εάν οι ποσότητες του διαθέσιμου σιδήρου στο έδαφος αυξηθούν σε ένα ορισμένο επίπεδο. Αυτή η σύλληψη (ιδέα) concept που κατέληξε

στον «δείκτη χλωρωτικής ικανότητας» ο οποίος προτάθηκε από τον Rouget το 1974 όταν η ποσότητα του ενεργού ανθρακικού ασβεστίου σχετίζεται με το ποσό του εκχθλιζόμενου Fe από το οξαλικό αμμώνιο. Πρέπει να τονιστεί, όμως, ότι ο προσδιορισμός του ενεργού ανθρακικού ασβεστίου είναι μόνο μια έμμεση εκτίμηση της ποσότητας της λεπτής δομής ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3) καθώς στην πράξη δείχνει το ποσό του ελεύθερου αντιδρώντος (ενεργού) ασβεστίου με το οξαλικό οξύ: επομένως, πρέπει να λαμβάνεται προφύλαξη στη χρήση μιας τέτοιας μεθόδου στα εδάφη όπου δυναμικές πηγές όξινων ανθρακικών άλλες από το CaCO_3 , όπως ο δολομίτης, είναι παρούσες.

Ο σίδηρος στο έδαφος είναι ευρέως παρών σε ανόργανη μορφή κυρίως ως άμορφος σίδηρος, γκεθίτης, αιματίτης και ως υδροξείδιο του σιδήρου και είναι λίγο διαθέσιμος για απορρόφηση από το φυτό υπό αερόβιες συνθήκες. Επομένως, για να προβλεφθεί η διαθεσιμότητα σιδήρου στο έδαφος, μια σειρά εκχυλιστικών διαλυμάτων του διαθέσιμου στο έδαφος Fe έχει προταθεί (HCl, DTPA κτλ). Δεδομένου ότι η διαλυτότητα των οξειδίων του Fe εξαρτάται από το pH, κάτω από αλκαλικά και ασβεστούχα εδάφη η διαθεσιμότητα του ανόργανου Fe είναι πολύ μακριά από την απαιτούμενη για την ικανοποίηση των απαιτήσεων του φυτού (Lindsay, 1974). Πρόσφατη πειραματική ένδειξη που αφορά μείζονα επίδραση στη θρέψη Fe είναι το κλειδί του ρόλου που παίζεται από τις μορφές του διαθέσιμου στη ρίζα Fe διαφορετικές από τον ανόργανο Fe. Τουλάχιστο τρεις κύριες ομάδες ενώσεων Fe των οποίων ο ρόλος για τη θρέψη του Fe υποτιμάται πιθανώς στα δενδρώδη και στα αμπέλια μπορεί να απαριθμηθεί: χηλικός Fe από φυτοσιδηροφόρα μικρόβια και σύμπλοκος Fe από οργανική ουσία. Ο ρόλος των (μικροβιακών) σιδηροβακτηρίων στην πρόσληψη του σιδήρου από τις ρίζες έχει αποδειχθεί από μελέτες από τον (Crowley et al. 1991, 1992) και πρόσφατα οι Masalha *et al.*, (2000) έδειξαν ότι καταστρέφοντας την μικροβιακή χλωρίδα του εδάφους με αποστείρωση προέκυψε σε σοβαρές βλάβες θρέψης Fe και την δύο στρατηγική I (είδη τα οποία δεν παράγουν φυτοσιδηροφόρες στις ρίζες τους, (Römheld and Marschner, 1986). Ένας μεγάλος αριθμός σιδηροφόρων απομονώθηκε (Römheld and Marschner, 1986, Crowley, 2001), μερικοί από αυτούς παρήχθησαν από μικροοργανισμούς που είναι παρόντες στην κοπριά της αγελάδας (Chen et al., 1998). Πρόσφατα πειραματικά δεδομένα (Chen et al., 2000) δείχνουν ότι τουλάχιστον σε μερικά είδη της στρατηγικής I ο χηλοποιημένος Fe είναι από σιδηροφόρες (Fe-αεροβακτήνη είναι παρούσα στο

compost) προσλαμβάνεται άμεσα ως σύμπλοκο. Αν και η μελέτη του ρόλου των σιδηροφόρων στην πρόσληψη Fe έχει σχεδόν αποκλειστικά περιοριστεί στα φυτά της στρατηγικής II (είδη που συνθέτουν σιδηροφόρες στις ρίζες τους) κάποια ένδειξη μαρτυρεί ότι αυτές μπορούν να βελτιώσουν την πρόσληψη Fe των ριζών δένδρων που μεγαλώνουν σε ίδια όγκου εδάφη. (Tagliavini et al., 2000a). Ένα τρίτο γκρούπ φυσικών χηλικών ενώσεων Fe είναι ο παραγόμενος από σύμπλοκη δράση σιδήρου από τις χουμικές ουσίες. Όπως πρόσφατα εδείχθη από τους Cesco et al. (2000), ουσίες εκχυλισμένες με νερό (WEHS) είναι ικανές να διαλυτοποιήσουν το Fe από υδροξείδιο και να το κάνουν διαθέσιμο για πρόσληψη από τις ρίζες (Pinton et al., 1999).

2.3. Απόκτηση σιδήρου σε πολυετή οπωροφόρα φυτά

Οι περισσότερες μελέτες για το μηχανισμό πρόσληψης σιδήρου από τα φυτά έγινε με ποώδη ετήσια φυτά, ενώ αυτό το θέμα στα πολυετή φυτά εξερευνήθηκε ελάχιστα και σημαντικές πρόοδοι ήρθαν μόνο στην τελευταία δεκαετία. Η πρόσληψη Fe προηγείται από ένα βήμα αναγωγής από Fe σε Fe^{2+} πριν αυτός μπορέσει να διασχίσει το πλασματάριο των εξωτερικότερων κυττάρων της ρίζας (Crowley et al. 1991; Fox and Gueriot, 1998). Μια ρεδουκτάση του τρισθενούς χηλικού σιδήρου (FCR) και οι δραστηριότητες μιας αντλίας φωτονίων εν συνεχεία με την απελευθέρωση αναγωγικών ουσιών στη ριζόσφαιρα θεωρήθηκαν για μακρύ χρονικό διάστημα ως οι κύριες ουσίες των φυτών που βασίζονται στη στρατηγική I επομένως οι μελέτες μηχανισμού πρόσληψης Fe στα πολυετή δικοτυλήδωνα εστιάστηκε σ' αυτή τις φυσιολογικές και βιοχημικές παραμέτρους (Alcantara et al., 2000; Ao et al., 1995; Cinelli, 1995; Cinelli et al., 1995; De la Guardia et al., 1995; Egilla et al., 1994; Gogorcena et al., 2000; Manthey et al., 1993, 1994; Manthey and Crowley, 1997; Marino et al., 2000; Romera et al., 1991 a,b; Tagliavini et al., 1995a; Treeby and Uren, 1993; Vizzotto et al., 1997, 1999). Πολλές απ' αυτές τις μελέτες είχαν δείξει ότι παρομοίως στα ποώδη δικοτυλήδωνα κάποιοι γενότυποι ξυλωδών φυτών είναι ικανοί να βελτιώσουν την πρόσληψη Fe μέσω μηχανισμών προσαρμογής όπως η οξίνιση του αποπλάστη της ρίζας και η αύξηση της ενζυματικής αναγωγής του Fe της ρίζας ενώ η απελευθέρωση αναγωγικών ουσιών π.χ. καφεϊκό οξύ παίζει μόνο ένα ελάχιστο ρόλο. Γενικά η ανοχή του υποκειμένου στη χλώρωση Fe συνδέθηκε με την ικανότητα αναγωγής του εξωτερικού τρισθενούς σιδήρου παραδείγματος χάρι πάνω στην πρόκληση έλλειψης Fe, μια σαφής αύξηση της ικανότητας αναγωγής του Fe στη

ρίζα παρατηρήθηκε σε ανεκτικά υποκείμενα που χρησιμοποιήθηκαν για την κίτριά (Manthey et al., 1994; Treeby and Uren, 1993) και τη ροδακινιά (Romera et al., 1991b). Απεναντίας, η δραστηριότητα της ρεδουκτάσης του χημικού σιδήρου σε ευαίσθητα σε χλώρωση Fe κίτριάς και ροδακινιάς ήταν υψηλότερη σε φυτά με έλλειψη Fe απ' ό τι σε φυτά με επαρκή σίδηρο. Ωστόσο, ακόμα και σε ανεκτικούς γενοτύπους πρέπει να σημειωθεί ότι η αύξηση της δραστηριότητας της ρεδουκτάσης που καταγράφηκε σε πολλές μελέτες δεν ήταν τόσο σημαντικές όσο αυτές βρέθηκαν σε ετήσια φυτά. Το 1^ο είναι ευαίσθητο, το 2^ο ανθεκτικό στη χλώρωση Fe ενώ η έλλειψη Fe αύξησε τη δραστηριότητα της ρεδουκτάσης στην αχλαδιά, παρόμοια αντίδραση δε βρέθηκε σε φυτά κυδωνιάς. Η παρουσία δικαυβονικού επίσης επηρέασε διαφορετικά τη δραστηριότητα της ρεδουκτάσης, η οποία ελαττώθηκε περισσότερο στις κυδωνιές απ' ό τι στις αχλαδιές, μια επίδραση που πιθανόν οφείλεται στην υψηλότερη ικανότητα της αχλαδιάς να αυξάνει το pH της ριζόσφαιρας συγκρινόμενη με την κυδωνιά.

Ο προσδιορισμός της αναγωγικής ικανότητας του Fe από τις ρίζες χρησιμοποιήθηκε ως ένας τεχνικός διαχωρισμός για την επιλογή των υποκειμένων που είναι ανεκτικά στη χλώρωση. Πρόσφατες ανακαλύψεις ωστόσο κάνουν λόγο για προφυλάξεις όταν χρησιμοποιείται η δραστηριότητα της ρεδουκτάσης του σιδήρου ως δείκτης για την επιλογή Y –ου για την ανοχή στο Fe και σε συμφωνία με τον Alcantara η αναγωγική δραστηριότητα του τρισθενούς σιδήρου στη ρίζα δεν συσχετίζεται πάντα με την ανοχή στη χλώρωση Fe.

Τουλάχιστο τρεις παράγοντες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν εκτιμώνται οι διαφορές στην ανοχή στο Fe μεταξύ γενοτύπων: 1. Η μεταβολή του χρόνου διαδρομής της FCR μετά το οποίο εξαρτάται στα είδη 2. Η ικανότητα διατήρησης της αναγωγής της ρεδουκτάσης αυτής για σχετικά μακρά περίοδο, όπως έχει δειχθεί ότι μια μακρά έκθεση στην έλλειψη Fe αυξάνει την αναγωγική ικανότητα του Fe επίσης στους ανεκτικούς γενοτύπους. 3. Μερικές μεθοδολογικές διέξοδοι οι οποίες πρέπει να ληφθούν στον υπολογισμό όταν συγκρίνουμε μελέτες όπως πρόσφατα φάνηκε για το υβρίδιο της αμυγδαλιάς. Η FCR είναι περισσότερο πιθανό να επάγεται από πολύ υψηλές συγκεντρώσεις Fe παρά από απόλυτη απουσία Fe στο θρεπτικό διάλυμα, το οποίο ωστόσο είχε εφαρμοστεί στις περισσότερες δημοσιευμένες μελέτες. Η ανοχή και ευαισθησία των υποκειμένων στο Fe δενδρώδη και αμπέλια ελαττώνουν το pH στο θρεπτικό διάλυμα, ανάλογα με τη ριζόσφαιρα.

Σε μια μελέτη που οδηγήθηκε με διάφορες κυδωνιές και γενότυπους αχλαδιάς που είχαν μεγαλώσει σε ένα ασβεστούχο έδαφος, απεδείχθη ότι η περιοχή μεταξύ εδάφους - ρίζας ήταν περισσότερο αλκαλική στις κυδωνιές απ' ό τι στους γενότυπους της αχλαδιάς. Κάτω από συνθήκες έλλειψης Fe ένα είδος ανθεκτικό στην έλλειψη Fe ελάττωσε το pH της ριζόσφαιρας περί τις 2 μονάδες σ' ένα ασβεστούχο έδαφος. Δεδομένα που δείχνουν υψηλότερη εξαγωγή φωτονίων στα ανεκτικά ανεκτικούς στη χλώρωση Fe απ' ό τι στους ευαίσθητους στο Fe γενότυπους έχουν αναφερθεί σε μελέτες θρεπτικών διαλυμάτων για το ακτινίδιο και για το βατόμουρο. Η ικανότητα του υποκειμένου να ελευθερώνει φωτόνια επίσης επηρεάζεται από την παρουσία οφθαλμού. Αυτό το φαινόμενο έχει διερευνηθεί από το Mengel *et al.*, οι οποίοι μελέτησαν την έκκριση ιόντων υδρογόνου σε υδροπονική καλλιέργεια από τις ρίζες των ποικιλιών αμπέλου huxel και faber και οι δύο εμβολιασμένες στο υποκείμενο 55B.

Η Huxel δείχνοντας σοβαρή χλώρωση Fe όταν μεγάλωσε σε ασβεστούχα εδάφη ενώ η Faber είναι ανθεκτική στη χλώρωση. Η τελευταία ποικιλία (Faber) προκάλεσε μια έκκριση της ρίζας από 406 H⁺ ανά φυτό ανά 12 ώρες συγκρινόμενη με μόνο 173 ανά φυτό ανά 12 ώρες καταγράφηκε όταν το μόσχευμα ήταν Huxel.

Η έκκριση ιόντων H από τις ρίζες στη ριζόσφαιρα των ασβεστούχων εδαφών είχε πιθανώς όχι μείζονα επίδραση στη διαλυτότητα του Fe του εδάφους. Ομοίως, σε ρίζες που είναι ικανές να υψώνουν το pH στη ριζόσφαιρα στο επίπεδο των 6,0 το διάλυμα ανόργανου Fe είναι ακόμα τόσο φτωχό που υπολείπεται κατά πολύ των απαιτήσεων του φυτού σε Fe. Η ποσότητα των ιόντων H⁺ που ελευθερώνονται από τις ρίζες οφείλεται στη μείωση του pH στον αποπλάστη της ρίζας με την εξουδετέρωση του HCO₃⁻ και τοιουτοτρόπως η εξασφάλιση καλύτερων συνθηκών για την αναγωγή του Fe ο οποίος σε ένα ασβεστούχο έδαφος δεσμεύεται στον αποπλάστη επιδερμίδας της ρίζας.

Προσαρμοσμένες στρατηγικές για την απόκτηση σιδήρου δεν περιορίζονται στην εξώθηση πρωτονίων και FCR. Πρόσφατη βιβλιογραφία προτείνει ένα ρόλο του ενζύμου καρβοξυλάση πυροσταφυλικού οξέος μέσω μηχανισμών προσαρμογής να αντιμετωπίζουν την έλλειψη σιδήρου στα ασβεστούχα εδάφη.

Φωσφο PEPC ενσωματώνει δικαρβονικό, ο κύριος παράγοντας που προκαλεί τη χλώρωση Fe στο φωσφοροενολοσταφυλικό, δημιουργώντας οξαλοξικό, το οποίο μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε μηλικό. Το οξαλοξικό είναι επίσης ένας πρόδρομος

του κιτρικού, το οποίο παίζει ένα ουσιώδη ρόλο στη μεταφορά του σιδήρου από το ξύλωμα. Στα ζαχαρότευτλα, ένα είδος ανθεκτικό στη χλώρωση Fe, η αύξηση της δραστηριότητας της PEPC ήταν 40 πτυχώσεις μεγαλύτερη στις μύτες των ριζών των φύλλων που αυξήθηκαν χωρίς Fe απ' ότι στο μάρτυρα. Στην ακτινιδιά η διαφορική ανοχή στη χλώρωση Fe δύο γενοτύπων συνδυάστηκε με τη διέγερση του PEPC ενζύμου στις ρίζες και με μια ανοδική ροή των οργανικών οξέων στο ξύλωμα (R). Η συσσώρευση οργανικών οξέων σε φυτά που παρουσιάζουν έλλειψη Fe αναφέρεται συχνά για δύο ποώδη δικοτυλήδονα όπως και σε ξυλώδη πολυετή όπως η μηλιά, το αμπέλι, ακτινίδιο, κυδωνιά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η ΧΛΩΡΩΣΗ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΜΠΕΛΟ

3.1. Ιστορικό

Η χλώρωση σιδήρου είναι μια φυσιολογική ασθένεια που εμφανίζεται κυρίως σε ασβεστούχα εδάφη και προσβάλλει ορισμένα καρποφόρα ή δασικά δένδρα, το αμπέλι, τα καλλωπιστικά φυτά καθώς και ορισμένα ετήσια. Η υψηλή συχνότητα της εμφάνισης της ασθένειας σε περιοχές με ασβεστούχα εδάφη δικαιολογεί χωρίς αμφιβολία την έκφραση «χλώρωση ασβεστίου». Πριν από την εμφάνιση της φυλλοξήρας στην Ευρώπη η χλώρωση σιδήρου στο αμπέλι ήταν ένα γεγονός πολύ σπάνιο ή ανύπαρκτο. Οι ποικιλίες *Vitis vinifera* που καλλιεργούνταν αυτόρριζες σε πολύ ασβεστούχα εδάφη δεν εμφάνιζαν σχεδόν ποτέ σοβαρά συμπτώματα χλώρωσης ικανά να επηρεάσουν τη ζωηρότητα ή την παραγωγικότητα των πρέμων. Ορισμένες

χρονιές με υψηλές βροχοπτώσεις παρατηρούντο κάποια ελαφρά και φευγαλέα κιτρινίσματα στα οποία οι παραγωγοί της εποχής δεν έδιναν σημασία. Το πρόβλημα της χλώρωσης εμφανίστηκε μετά την πλήρη καταστροφή του ευρωπαϊκού αμπελώνα από τη φυλλοξήρα το 1867 και την αθρόα εισαγωγή αμερικάνικων ειδών που χρησιμοποιήθηκαν ως υποκείμενα, τα περισσότερα από τα οποία αποδείχθηκαν ελάχιστα ή καθόλου ανθεκτικά στη χλώρωση.

3.2. Συμπτωματολογία

Σε ήπιες περιπτώσεις η χλώρωση περιορίζεται σε ένα ελαφρό αποχρωματισμό του φύλλου, το οποίο γίνεται πρασινοκίτρινο, κατόπιν κίτρινο και τέλος χλωμό. Τα νεύρα του φύλλου αποχρωματίζονται τελευταία. Σε βαριές περιπτώσεις τα φύλλα κιτρινίζουν και ξηραίνονται. Ο Rouget (1973) χρησιμοποίησε για την εκτίμηση της βαρύτητας των συμπτωμάτων στα φύλλα μια κλίμακα από 0 (απουσία συμπτωμάτων) έως 5 (νέκρωση του ελάσματος σε ποσοστό πάνω από 10% της επιφάνειάς του).

Κατά την εξέλιξη του ετήσιου βλαστικού κύκλου η ένταση της χλώρωσης ακολουθεί την ταχύτητα αύξησης του φυτού και εμφανίζει ένα πρωτεύον μέγιστο κατά την άνθιση, καθώς και ένα δευτερεύον κατά το Σεπτέμβρη-Οκτώβρη. Τα συμπτώματα μετριάζονται ή εξαφανίζονται την περίοδο του θέρους που σταματά η κατά μήκος αύξηση του βλαστού και αρχίζει ο περκασμός (γυάλισμα). Όταν ένα φύλλο έχει τελειώσει την αύξησή του δεν αποκτά εκ νέου πράσινο χρώμα μετά το σταμάτημα της κατά μήκος αύξησης του βλαστού. Ένα φύλλο που έχει τελειώσει την αύξησή του και έχει εμφανίσει συμπτώματα χλώρωσης όταν του προσθέσουμε Fe δεν ξαναπρασινίζει. Το νεαρό φύλλο μπορεί να ξαναπρασινίσει. Αυτό ερμηνεύει γιατί κατά μήκος του βλαστού υπάρχουν κίτρινα και πράσινα φύλλα, ανάλογα με την περίοδο της αύξησης. Εάν το ώριμο φύλλο που έχει κιτρινίσει δεχθεί Fe δεν τον στέλνει στο ρεύμα κυκλοφορίας αλλά τον εναποθέτει υπό μορφή φυτοφερριτίνης, αυτό ερμηνεύει γιατί η περιεκτικότητα των ώριμων φύλλων σε Fe είναι αυξημένη.

Κατά τον πρώτο χρόνο της εγκατάστασης των φυτών στο χωράφι δεν εμφανίζονται συμπτώματα χλώρωσης επειδή τα αποθέματα των μοσχευμάτων σε Fe είναι αρκετά για να καλύψουν τις ανάγκες του νεαρού φυτού. Στα επόμενα όμως χρόνια τα αποθέματα μειώνονται και μπορεί να επέλθει ο θάνατος του φυτού.

3.3. Επίδραση της χλώρωσης στο μεταβολισμό του φυτού

Το αίτιο της χλώρωσης είναι γνωστό από το 1843 που ο Gris (in Pouget 1979) έδειξε την ευνοϊκή επίδραση του σιδήρου στην εξαφάνιση του κιτρινίσματος των χλωρωτικών φύλλων. Ο σίδηρος πράγματι είναι ένα απαραίτητο στοιχείο για το φυτό και κάθε αίτιο που προκαλεί μείωσή του στο επίπεδο των φύλλων συμβάλλει στην εκδήλωση της χλώρωσης. Η έλλειψη σιδήρου μειώνει κατά κύριο λόγο τη βιοσύνθεση των χλωροφυλλών, με αποτέλεσμα την εμφάνιση του χαρακτηριστικού κιτρινίσματος που οφείλεται στην παρουσία των καροτινοειδών, των οποίων η σύνθεση δεν μεταβάλλεται από την έλλειψη σιδήρου. Ο ακριβής ρόλος του σιδήρου στον σχηματισμό των χλωροφυλλών και των προδρόμων τους δεν είναι ακόμη γνωστός με ακρίβεια. Κατά τους Pouget *et al.*, (1971) η χλώρωση επιφέρει σημαντικές μεταβολές στη σύνθεση των ιστών και του ακατέργαστου χυμού. Οι σχέσεις K/Ca και P/Fe είναι υψηλότερες στα χλωρωτικά φύλλα. Ο σίδηρος στα φύλλα είναι στα ίδια επίπεδα (αν όχι περισσότερος) τόσο στα χλωρωτικά φυτά όσο και στα υγιή. Ορισμένα κατιόντα όπως K, Ca και P έχουν την τάση να συσσωρεύονται στα χλωρωτικά φύλλα.

3.4. Μηχανισμός της χλώρωσης

Ο μηχανισμός της χλώρωσης είναι αρκετά πολύπλοκος και δεν έχει πλήρως διευκρινιστεί μέχρι τώρα, όμως οι γνώσεις μας για το θέμα έχουν διευρυνθεί σε σημαντικό βαθμό, ύστερα από τις εργασίες πολλών ερευνητών (Pouget *et al.*, 1971, Delmas, 1971, Branas 1973, 1974, 1976, Mengel *et al.*, 1979). Για την εμφάνιση της χλώρωσης σιδήρου στα ασβεστούχα εδάφη μπορούν να εμπλακούν τρεις παράμετροι: η αφθονία ιόντων ασβεστίου (Ca^{++}), η αφθονία όξινων ανθρακικών ιόντων (HCO_3^-) και το υψηλό pH. Η υπευθυνότητα των ιόντων Ca^{++} δεν φαίνεται ότι μπορεί να υποστηρικτεί (Champagnol, 1984). Ο ρόλος των ανθρακικών ιόντων (HCO_3^- , CO_3^{--}) έχει με βεβαιότητα αποδειχθεί, όμως ο τρόπος δράσης τους δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως. Οι υψηλές τιμές του pH των ασβεστούχων εδαφών (7,5-8,5) παρεμβαίνουν στη χλώρωση γιατί ο σίδηρος βρίσκεται σε αδιάλυτες μορφές (ανθρακικός, υδροξείδια) και απορροφάται δύσκολα από τις ρίζες, όμως η συμβολή του υψηλού pH στη χλώρωση είναι μικρή (Pouget, 1979). Το ριζικό σύστημα παίζει σημαντικό ρόλο στην εκδήλωση της χλώρωσης γιατί παρεμβαίνει όχι μόνο στην απορρόφηση, αλλά και στη μεταφορά του σιδήρου μέσω του ακατέργαστου χυμού. Η απορρόφηση του Fe από τις ρίζες γίνεται με τη δισθενή μορφή του (Fe^{++}), που προϋποθέτει την

προκαταβολική αναγωγή του τρισθενούς σιδήρου (Fe^{+++}), σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές (Pouget, 1974, Cheney *et al.*, 1972, Brown et Ampler, 1973). Το κιτρικό οξύ παράγεται στις ρίζες (G. Ribereau – Gayon, 1966) και μεταφέρεται στα φύλλα. Ο Fe σχηματίζει ένα σύμπλοκο με το κιτρικό οξύ κι έτσι εξασφαλίζεται η μεταφορά του. Η ρίζα συνθέτει και εκκρίνει στο εδαφικό διάλυμα αναγωγικές ουσίες που εξασφαλίζουν την αναγωγή και διευκολύνουν την απορρόφηση του Fe (Just et Pouget, 1967). Άλλοι ερευνητές έδειξαν ότι ο Fe απορροφάται από τη ρίζα υπό μορφή συμπλόκου με χηλικές ενώσεις (Tiffin, 1966).

3.5. Παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση της χλώρωσης

α. Εξωτερικοί παράγοντες

Παράγοντες εξωτερικοί προς το φυτό όπως: Τα μακροστοιχεία P, K και Ca, η εδαφική υγρασία καθώς και η οργανική ουσία και η δομή του εδάφους παίζουν σημαντικό ρόλο.

- Ο P αν απορροφηθεί σε μεγάλη ποσότητα αδιαλυτοποιεί το Fe στους ιστούς και επιβαρύνει τα συμπτώματα της χλώρωσης.
- Το K συμπεριφέρεται ως ανταγωνιστής του P και αυξάνει την κινητικότητα του Fe μέσα στο φυτό. Μέτρια προσθήκη K φαίνεται να μετριάξει τα αποτελέσματα της χλώρωσης, όμως πέρα από ένα ορισμένο επίπεδο παράγεται το αντίθετο αποτέλεσμα.
- Το Ca δεν είναι άμεσα υπεύθυνο για τη χλώρωση, όμως δρα σε συνέργεια με το P για να περιορίσει την απορρόφηση και μεταφορά του Fe.
- Τα αμμωνιακά άλατα εντείνουν την βαρύτητα των συμπτωμάτων.
- Η υπερβολική εδαφική υγρασία ευνοεί την εμφάνιση της χλώρωσης.
- Πολυάριθμες παρατηρήσεις κάνουν λόγο για μια επιδείνωση των συμπτωμάτων της χλώρωσης ύστερα από προσθήκη οργανικής ουσίας στο έδαφος (Courpron et Just, 1975, Wallace, 1960, Kliman, 1937, Miller et Ohlrogge, 1958).

β. Εσωτερικοί παράγοντες

Διαπιστώθηκε πολύ νωρίς ότι ορισμένα υποκείμενα αμπέλου, που είχαν εισαχθεί από την Αμερική στην Ευρώπη, όχι μόνο δεν ήσαν ανθεκτικά στη φυλλοξήρα, αλλά αποδείχθηκαν και ανίκανα να προστατέψουν τα εμβόλια της *Vitis vinifera* από τη χλώρωση.

Ιδιαίτερα ευαίσθητα στη χλώρωση φάνηκαν τα είδη *V. Riparia*, *V. Labrusca Berlandieri* και τα υβρίδιά τους, σε τέτοιο βαθμό που οι νεοφυτευμένοι αμπελώνες ξεριζώθηκαν και επαναφυτεύτηκαν με άλλα υποκείμενα. Η *V. Berlandieri*, είδος πολύ καλά προσαρμοσμένο στα ασβεστούχα εδάφη του Texas, φάνηκε ότι ήταν η λύση, όμως η αδυναμία στη ριζογένεση των μοσχευμάτων διέψευσε κάθε ελπίδα εξάπλωσης στην πράξη. Αργότερα δημιουργήθηκαν ορισμένα υβρίδια της *Berlandieri* όπως:

- το 41 B (*Chasselas x Berlandieri*)
- το 333 EM (*Berlandieri x Colombard*)
- το 140 Ru (*Berlandieri x Rupestris de Lôt*)
- το 110 R (*Berlandieri x Rupestris Martin*)

Οι διαφορές που εμφανίζονται μεταξύ των ειδών *Vitis* στη χλώρωση είναι κληρονομικές και αποδίδονται σε ιδιαίτερους φυσιολογικούς μηχανισμούς που λείπουν από τα ευαίσθητα είδη και σχετίζονται με την ικανότητα απορρόφησης και μεταφοράς ιόντων από το ριζικό σύστημα ή στις διαφορετικές απαιτήσεις σε σίδηρο των διαφόρων ποικιλιών *vinifera*.

3.6. Αντιμετώπιση της χλώρωσης

Η αντιμετώπιση του προβλήματος της χλώρωσης γίνεται με άμεσους και έμμεσους τρόπους. Οι άμεσοι τρόποι είναι βιολογικοί. Πρόκειται για την αναζήτηση και χρησιμοποίηση υποκειμένων που είναι προϊόν διασταύρωσης μεταξύ διαφόρων ειδών και εμφανίζουν αντοχή στη χλώρωση. Εκτός από τα υποκείμενα που έχουν ήδη αναφερθεί, στη Γαλλία κυρίως έχει χρησιμοποιηθεί ένα νέο υποκείμενο που φέρει το όνομα Fercal και είναι προϊόν διπλής διασταύρωσης: (*Berlandieri x Colombard*) X (*Cabernet Sauvignon x Berlandieri*). Η αποχή των υποκειμένων στη χλώρωση ελέγχεται με την τεχνική των αμοιβαίων εμβολιασμών στην οποία χρησιμοποιείται ως μάρτυρας το 41B (Pouget et Ottenwaelter, 1975). Ως κριτήριο αντοχής έχει προταθεί στη Γαλλία ο Δείκτης Χλωρωτικής ικανότητας του εδάφους (Indice de Pouvoir Chlorosant) που υπολογίζεται από τη σχέση

$$\text{I.P.C.} = \frac{(\text{CaCO}_3)}{(\text{Fe}^{++})^2} \cdot 10.000 \text{ όπου}$$

(CaCO₃) = περιεκτικότητα του εδάφους σε ενεργό ανθρακικό ασβέστιο (% λεπτής γης).

(Fe⁺⁺)²: ο «ευκόλως εκχυλίσσιμος σίδηρος» σε mg/kg λεπτής γης.

Οι τιμές του δείκτη αυτού κυμαίνονται από 0-280 (Pouget et Juste, 1972), όμως παραλλάσσουν σημαντικά από περιοχή σε περιοχή, ανάλογα με την γεωλογική προέλευση του εδάφους, γι' αυτό η χρήση του δεν επεκτάθηκε έξω από τη Γαλλία. Σήμερα στην Ευρώπη και αλλού χρησιμοποιείται ως κριτήριο το «ενεργό ανθρακικό ασβέστιο» του εδάφους που προσδιορίζεται με τη μέθοδο Drouineau-Gallet. Σημασία έχει όχι το ολικό CaCO₃ του εδάφους αλλά το ενεργό, που εξαρτάται από την λεπτότητα των κόκκων και την προέλευσή τους.

Στις έμμεσες μεθόδους συμπεριλαμβάνονται:

— Η προσθήκη σιδήρου στο φυτό με ψεκάσμο στα φύλλα, ή στα πρέμνα κατά το χειμερινό κλάδεμα. Κατά τους ψεκασμούς χρησιμοποιούνται άλατα Fe (θεικό, κιτρικό) σε συγκέντρωση 0,5 έως 1% ή χηλικές ενώσεις του Fe, όμως οι επεμβάσεις πρέπει να επαναλαμβάνονται πολλές φορές για να είναι αποτελεσματικές. Το χειμώνα οι τομές του κλαδέματος επαλείφονται με διάλυμα θειικού υποσιδήρου (FeSO₄) σε αναλογία 30-35%, όπου προστίθεται και μια μικρή ποσότητα κιτρικού οξέος (50g/100L νερού). Υπάρχουν τέλος σκευάσματα χηλικού σιδήρου (Sequestrain) που χρησιμοποιούνται στο νερό της άρδευσης και είναι αρκετά αποτελεσματικά.

3.7. Χλώρωση ασβεστίου ή τροφοπενία σιδήρου επαγόμενη σε ασβεστούχα εδάφη

Η χλώρωση σιδήρου στα καλλιεργούμενα φυτά είναι δυνατόν να οφείλεται σε έλλειψη του σιδήρου στο έδαφος ή να προκαλείται από υψηλές συγκεντρώσεις ανθρακικών και δισανθρακικών ιόντων στο εδαφικό διάλυμα, γεγονός που επηρεάζει αρνητικά τη διαθεσιμότητα του δισθενούς Fe στην περιοχή της ριζόσφαιρας. Στην άμπελο δεν απαντάται συνήθως τροφοπενία σιδήρου, λόγω των επαρκών ποσοτήτων του θρεπτικού στοιχείου στα εδάφη των αμπελώνων. Η χλώρωση σιδήρου στην άμπελο οφείλεται σε σύμπλοκη διαταραχή του μεταβολισμού και πιο συγκεκριμένα σε διαταραχή της σχέσης του ενεργού μεταβολικά Fe προς τον ανενεργό μεταβολικά Fe (Fe³⁺) στο εσωτερικό του φυτού, λόγω της έντονης παρουσίας ανθρακικών ιόντων.

3.8. Ανθεκτικότητα της αμπέλου στη χλώρωση και ενδογενείς μηχανισμοί

Το πρόβλημα της χλώρωσης σιδήρου στην άμπελο εμφανίστηκε με την χρησιμοποίηση των ανθεκτικών στην φυλλοξήρα (ριζόβια μορφή) υποκειμένων αμπέλου, λόγω του διαφορετικού βαθμού ανθεκτικότητας αυτών στην χλώρωση. Οι ποικιλίες *vinifera* παρουσιάζουν υψηλή ανθεκτικότητα σε συνθήκες χλώρωσης, όταν καλλιεργούνται ως υπόρριζας πρέμνα.

Τα διάφορα λοιπόν είδη του γένους *Vitis* δεν παρουσιάζουν την ίδια ικανότητα προσαρμογής σε συνθήκες χλώρωσης. Τα πλέον ανθεκτικά είναι τα είδη: *V. vinifera*, *V. berlandieri*, *V. champini* και *V. cinerea* ενώ τα είδη *V. Arizonica*, *V. californica*, *V. Longii* και *V. Monticola* παρουσιάζουν μέτρια προσαρμογή. Αντίθετα τα είδη *V. Aestivalis*, *V. amurensis*, *V. andersonii* και *V. riparia* είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην χλώρωση σιδήρου με μηδενική προσαρμογή σε συνθήκες που επάγουν το φαινόμενο της χλώρωσης.

Η αναγωγή του τρισθενούς Fe σε δισθενή ($Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+}$), ιδιαίτερα σε ασβεστούχα εδάφη, έχει ιδιαίτερη σημασία για την ομαλή τροφοδότηση των φυτών με επαρκείς ποσότητες μεταβολικά ενεργού Fe (Fe^{2+}).

Τα φυτικά είδη έχουν αναπτύξει διάφορους ενδογενείς μηχανισμούς για την αντιμετώπιση της χλώρωσης σιδήρου. Τα περισσότερα από αυτά αναλύσκουν μηχανισμούς για την αύξηση της διαθεσιμότητας του σιδήρου στο έδαφος, όπως την μείωση του pH στην ριζόσφαιρα, την έκκριση αναγωγικών παραγόντων από τα κύτταρα της ρίζας και την αναγωγή του Fe από Fe^{3+} σε Fe^{2+} με το ενζυμικό σύστημα της αναγωγασίας του Fe (φυτικά είδη στρατηγικής I).

Άλλα φυτικά είδη όπως τα σιτηρά χρησιμοποιούν την έκκριση φυτοσιδηροφόρων, από τα κύτταρα της ρίζας, ουσιών οι οποίες είναι χηλικοί παράγοντες του Fe (φυτικά είδη στρατηγικής II). Η άμπελος ανήκει στα φυτικά είδη που χρησιμοποιούν την στρατηγική I. Έχει ευρεθεί ότι τα είδη *V. vinifera* και *V. berlandieri* που είναι και τα πλέον ανθεκτικά είδη της αμπέλου, σε συνθήκες χλώρωσης μείωσαν το pH στην περιοχή της ριζόσφαιρας μέχρι και 2 μονάδες. Ταυτόχρονα παρατηρήθηκε αύξηση της ενεργότητας της αναγωγασίας του Fe^{3+} στις μεμβράνες των κυττάρων της ρίζας με παράλληλη διατήρηση του E.V της μεμβράνης σε υψηλά επίπεδα. Η διατήρηση του E.V της μεμβράνης επάγει την έξοδο H^+ και e^- στο εξωκυτταρικό μέσο. Τέτοιοι

μηχανισμοί προσαρμογής στην χλώρωση σιδήρου δεν παρατηρήθηκαν στο ιδιαίτερα ευαίσθητο είδος *V. riparia*.

3.9. Φυσιολογία της χλώρωσης στην άμπελο

Εκτός από τους μηχανισμούς που χρησιμοποιούν τα ανθεκτικά είδη και ποικιλίες αμπέλου, για την αύξηση της διαθεσιμότητας του δισθενούς Fe στην ριζόσφαιρα και στο ριζικό σύστημα, φαίνεται ότι και άλλοι παράγοντες ενδογενείς επηρεάζουν την ανθεκτικότητα. Στην άμπελο φαίνεται ότι το πρωταρχικό αίτιο για την εμφάνιση της χλώρωσης σιδήρου είναι η συγκέντρωση ανθρακικών ιόντων στον αποπλάστη των κυττάρων σε όλο το φυτό. Η παρουσία των ανθρακικών ιόντων μειώνει την μεταφορά του Fe στο εσωτερικό των κυττάρων λόγω της μετατροπής του Fe^{2+} σε Fe^{3+} και την κατακρήμνιση αυτού στην περιοχή του αποπλάστη. Το γεγονός αυτό έχει αποδειχθεί πειραματικά με την μελέτη της κατανομής ραδιενεργού Fe στα φύλλα αμπέλου παρουσία HCO_3^- . Η κατανομή αυτή δεν είναι ομοιόμορφη και περιοριζόταν στις περιοχές των νευρώσεων του φύλλου, παρουσία HCO_3^- .

Τα ευρήματα αυτά ενισχύονται και από το γεγονός ότι τα ευαίσθητα στη χλώρωση είδη της αμπέλου εμφανίζουν πολύ μεγαλύτερη συσσώρευση Fe στα φύλλα απ' ό,τι τα ανθεκτικά, σε συνθήκες που επάγουν τη χλώρωση. Η συσσώρευση αυτή του Fe στα χλωρωτικά φύλλα των ευαίσθητων ειδών είναι αποτέλεσμα της προσπάθειας των πρέμων να αναπληρώσουν την ποσότητα σιδήρου που απαιτούν για την εκτέλεση των βιοχημικών τους λειτουργιών, αντλώντας συνεχώς ποσότητες σιδήρου από το έδαφος.

Η έλλειψη του μεταβολικά ενεργού Fe^{2+} στο εσωτερικό των κυττάρων έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της ποσότητας της χλωροφύλλης. Ο Fe συμμετέχει στην βιοσύνθεση των χλωροφυλλών α και β, ως συνενζυμικός παράγοντας. Η ποσότητα των χλωροφυλλών α και β είναι μειωμένη στα φύλλα των χλωρωτικών πρέμων ενώ ταυτόχρονα ο λόγος Ch1a/Ch1β εμφανίζεται αυξημένος. Το γεγονός αυτό συνδέεται με διαφορετικούς ρυθμούς σύνδεσης της χλωροφύλλης α και β, λόγω της έλλειψης Fe και έχει συσχετισθεί με μείωση της ποσότητας της χλωροφύλλης στα φύλλα.

Φαίνεται ότι τα ανθεκτικά είδη αμπέλου χρησιμοποιούν τους ίδιους μηχανισμούς ενζυμικής αναγωγής του τρισθενούς σιδήρου (ή και άλλους) στα κύτταρα των ριζών και του υπέργειου μέρους, για την καλύτερη προσαρμογή τους

σε συνθήκες χλώρωσης, δηλαδή υψηλής συγκέντρωσης ανθρακικών ιόντων στο έδαφος και στο εσωτερικό των πρέμων.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι οι ποικιλίες *vinifera*, ανθεκτικές όπως λέχθηκε στην χλώρωση σιδήρου, εμφανίζουν διαφορετική συμπεριφορά όταν εμβολιασθούν σε υποκείμενα ευαίσθητα και μετρίως ανθεκτικά στη χλώρωση.

Συγκεκριμένα η ποικιλία *Cabernet Sauvignon* εμφανίζεται ευαίσθητη όταν εμβολιασθεί στο υποκείμενο 3309C, ενώ αντίθετα η ποικιλία *Merlot* παρουσιάζεται ανθεκτική στις ίδιες συνθήκες. Την ίδια συμπεριφορά αντίστοιχα παρουσιάζουν και οι ποικιλίες *Sauvignon blanc* και *Pinot blanc* όταν εμβολιασθούν στο υποκείμενο SO₄. Η διαταραχή της χλώρωσης σιδήρου χαρακτηρίζεται και από αλλαγές στην συσσώρευση και άλλων θρεπτικών στοιχείων όπως ο P, το K και το Ca, στα φύλλα γεγονός που υποδεικνύει το σύμπλοκο του φαινομένου. Η εκδήλωση των συμπτωμάτων της χλώρωσης σιδήρου είναι δυνατόν να γίνει την άνοιξη ή και αργότερα μετά την πλήρη ανάπτυξη της βλάστησης των πρέμων.

Χαρακτηριστικά συμπτώματα είναι ο αποχρωματισμός (κιτρίνισμα) του ελάσματος αρχικά των νεαρών φύλλων ενώ οι νευρώσεις παραμένουν πράσινες (μεσονεύρια χλώρωση), η επίσχεση της αύξησης των βλαστών και η έκπτυξη ταχυφυών οφθαλμών.

Η χλώρωση των φύλλων οφείλεται στην απουσία (ή μικρή περιεκτικότητα των φύλλων) χλωροφύλλης, γεγονός που οδηγεί στην εξασθένηση των πρέμων λόγω της μείωσης των συντιθεμένων υδατανθράκων. Η εμφάνιση των συμπτωμάτων επιτείνεται σε συνθήκες υψηλής υγρασίας στο έδαφος του αμπελώνα.

3.10. Αντιμετώπιση - προοπτικές

Για την σωστή αντιμετώπιση του προβλήματος πρωταρχικό ρόλο έχει η επιλογή του κατάλληλου (ανθεκτικού) υποκειμένου για την εγκατάσταση του αμπελώνα. Σε περιπτώσεις όμως χρησιμοποίησης λάθους υποκειμένου ή σε οριακές περιπτώσεις η αντιμετώπιση συνίσταται στην βελτίωση της αποστραγγιστικής ικανότητας του εδάφους του αμπελώνα, η προσθήκη οργανικής ουσίας στο έδαφος, και η εφαρμογή διαφόρων υλικών με Fe στο έδαφος ή διαφυλλικά.

Υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση της χλώρωσης είναι ο FeSO₄ (σε κρυσταλλική μορφή) και οι χηλικές μορφές του Fe (EDTA, DTP A,

EDDHA), δυστυχώς όμως με βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα. Τα τελευταία χρόνια έχει προταθεί η προσθήκη ορυκτού σιδηροπυρίτη, στο έδαφος του αμπελώνα, διότι η χρησιμοποίησή του δίνει αποτελεσματική αντιμετώπιση διάρκειας άνω των 3 ετών. Επίσης η προσθήκη οργανικής ουσίας (βιοσταθεροποιημένης κοπριάς και άλλων compost) ή και χουμικών παραγόντων στο έδαφος δίνει θετικά αποτελέσματα. Έχει ευρεθεί ότι η προσθήκη χουμικών παραγόντων στο έδαφος σε ποσότητα 10-50 ppm αυξάνει σημαντικά την συσσώρευση σιδήρου στις ρίζες και τα φύλλα νεαρών πρέμνων υποκειμένων αμπέλου (41B, R110) και πρέμνων Σουλτανίνας εμβολιασμένης στο υποκείμενο 41B. Η αύξηση αυτή πιθανόν να οφείλεται στην ενεργοποίηση των συστημάτων μεταφοράς ιόντων στις κυτταρικές μεμβράνες αλλά και στην φυσική χηλίωση του Fe του εδάφους, γεγονός που αυξάνει την διαθεσιμότητα αυτού. Οι περαιτέρω προοπτικές αντιμετώπισης του προβλήματος της χλώρωσης σιδήρου στην άμπελο αφορούν στην γενετική βελτίωση των υποκειμένων για χρησιμοποίηση σε εδάφη που επάγουν την εμφάνιση της χλώρωσης. Πρωταρχικές πηγές ανθεκτικότητας θα μπορούσαν να είναι τα είδη *V. vinifera* και *V. berlandieri*.

Η διερεύνηση των φυσιολογικών βιοχημικών και μοριακών μηχανισμών της χλώρωσης σιδήρου και η μελέτη της συμπεριφοράς των ελληνικών ποικιλιών αμπέλου σε διάφορα υποκείμενα και σε συνθήκες που επάγουν την χλώρωση πιστεύεται ότι θα βοηθήσουν στην κατανόηση του φαινομένου αλλά και στην αντιμετώπιση του προβλήματος στην αμπελουργική πράξη. Η συνηθέστερη αιτία εμφάνισης της χλώρωσης στους αμπελώνες είναι η έλλειψη σιδήρου που μπορεί να οφείλεται:

- Σε έδαφος πτωχό σε σίδηρο.
- Σε έδαφος πλούσιο σε ευδιάλυτο ασβέστιο το οποίο δεσμεύει το σίδηρο σε αδιάλυτες μορφές που δεν μπορούν να απορροφηθούν από το φυτό.
- Σε αδυναμία μεταφοράς του σιδήρου μέσα στο φυτό.

3.10.1. Παράγοντες που ευνοούν τη χλώρωση

α. Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του εδάφους

Τα αλκαλικά εδάφη, καθώς και εδάφη κακώς αεριζόμενα, με χαμηλές θερμοκρασίες την άνοιξη και ευαίσθητα στην υπερβολική υγρασία ευνοούν την εμφάνιση της χλώρωσης.

β. Το κλίμα της περιοχής

Κλίμα υγρό και ψυχρό την άνοιξη ευνοεί την εμφάνιση της χλώρωσης. Κλιματολογικές συνθήκες δυσμενείς για τις συσσωρεύσεις των αποθησαυριστικών ουσιών στο φυτό κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου φαίνεται ότι έμμεσα ευνοεί την εμφάνιση της χλώρωσης την επόμενη χρονιά.

γ. Το φορτίο των σταφυλών

Το υπερβολικό φορτίο σταφυλών φαίνεται ότι ευνοεί την εμφάνιση της χλώρωσης την επόμενη χρονιά.

δ. Ο τρόπος καλλιέργειας του εδάφους

Η βαθιά καλλιέργεια του εδάφους καταστρέφει το πολύτιμο επιφανειακό ριζικό σύστημα του φυτού και ευνοεί στα υγρά εδάφη τη διαλυτοποίηση του ασβεστίου.

ε. Ο φώσφορος

Η περίσσεια φωσφόρου συντελεί στη δέσμευση του σιδήρου τόσο στο έδαφος, όσο και στο φυτό.

στ. Το μαγγάνιο

Μεγάλη περιεκτικότητα διαθέσιμου μαγγανίου στο έδαφος περιορίζει την απορρόφηση και χρησιμοποίηση του σιδήρου λόγω ανταγωνισμού.

3.10.2. Τρόποι αποφυγής ή περιορισμού της χλώρωσης

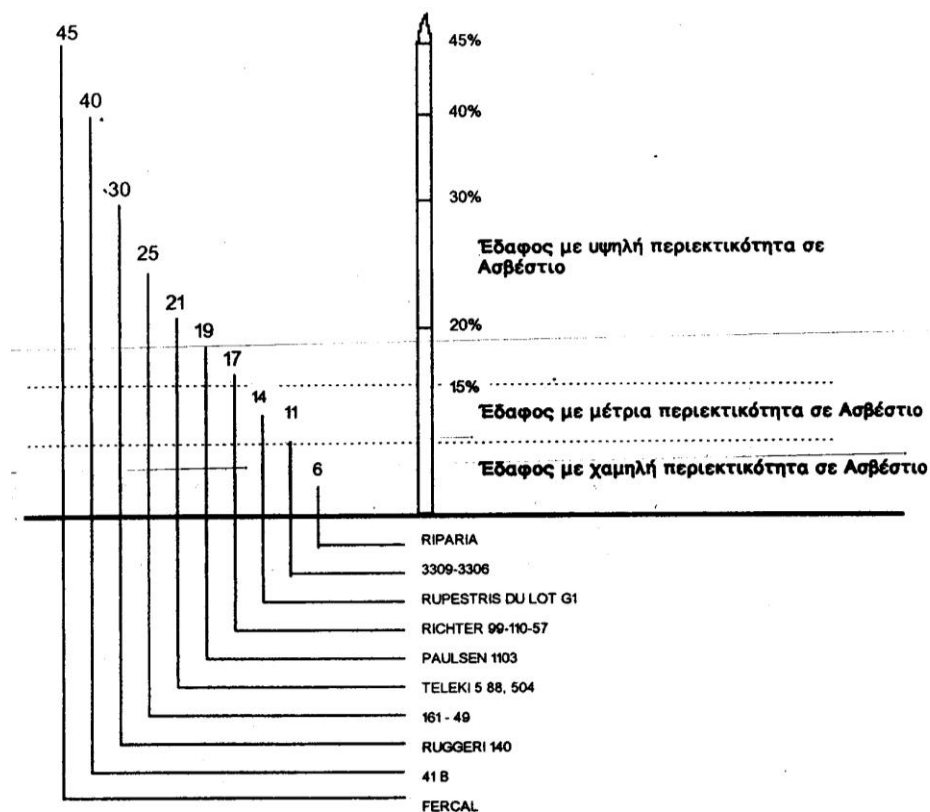
α. Επιλογή του κατάλληλου υποκειμένου

Η χημική ανάλυση του εδάφους πριν από τη φύτευση δίνει τη δυνατότητα της επιλογής του πλέον κατάλληλου υποκειμένου το οποίο προσαρμόζεται καλύτερα στην περιεκτικότητα του εδάφους σε ασβέστιο. Ενδεικτικά στον Πίνακα 4 και στο Σχεδιάγραμμα 1 παρουσιάζονται τα σπουδαιότερα υποκείμενα και οι δυνατότητες που έχουν να ανθίστανται στη χλώρωση. Για την επιλογή, βεβαίως, του υποκειμένου λαμβάνονται υπόψη και άλλα χαρακτηριστικά του αμπελώνα και της περιοχής (Πίνακας 5).

β. Αντιμετώπιση της χλώρωσης μετά τη φύτεψη

- Χημική επέμβαση με θειικό ή χηλικό σίδηρο στο έδαφος κάθε 2 - 3 χρόνια.
- Χημική επέμβαση με διαφυλλικά σκευάσματα σιδήρου. Η επέμβαση αυτή πρέπει να γίνεται προληπτικά (πριν την εμφάνιση των συμπτωμάτων) και να επαναλαμβάνεται διαδοχικά αρκετές φορές.
- Αποφυγή καλλιέργειας του εδάφους ή επιφανειακή καλλιέργεια σε βάθος λίγων εκατοστών.

- Αποφυγή περιττής φωσφορικής λίπανσης.
- Αποφυγή υπερβολικής υγρασίας.



Πηγή : ΣΥ. ΦΥ. Ν.Η. ΕΠΕ

Σχήμα 3.1. Αντοχή των Υποκειμένων στο Ασβέστιο

Πίνακας 3.1. Ανθεκτικότητα των υποκειμένων στη χλώρωση σύμφωνα με το όριο % του ενεργού ασβεστίου και του δείκτη αντίστασης στην εμφάνιση της χλώρωσης

Υποκείμενα	Ενεργό ασβέστιο %	Δείκτης αντίστασης στη χλώρωση
Riparia Gloire	6	5
44-53 M	10	
3309 C	11	10
Rupestris du Lot 1103 P, SO ₄	14	20
99 R, 110R	17	30
5 BB, 420 A	20	40

161- 49 C	25	50
41 B	40	60
3339 M	40	70
140Ru	20	90
Fercal		

Πηγή: Le Cout des Foumitures en Viticulture et Enologie 1995 /TV, France

Πίνακας 3.2. Χαρακτηριστικά υποκειμένων αμπέλου

	CaCO ₃	Ξηρασία	Υγρασία	Συνεκτι- κότητα	Αλατό- τητα	Επιτυχία εμβολιασμού στο χωράφι	Επιτυχία εμβολιασμού επιτραπέζιο	Παραγωγή Οίνου	Ριζογένεση	Αντοχή στους νηματώδεις
Rupestris de Lot	14	2	0-1	3	0-1	3	3	1	3	1
3309 C	11	0-1	0-1	1	0-1	3	3	3	3	1
6736 R	11	3	2	2	1	3	3	2	3	
161- 49C	25	1-2	2	2	1	3	1-2	3	2	1
420 A	20	1	2	2	1	2-3	1-2	3	1	1
SO ₄	17,20	1	2-3	2	0-1	3	2-3	3	3	3
5 BB	20	0-1	2-3	2	1	1-2	2	3	2	3
8 B	17	0-1	2	2	1	2	2	2	2	3
34 E	20	1	2	1	1	3	1-2	1	2	1
99 R	17	2	0-1	3	1	3	1-2	3	2	3
110 R	17	3	0-1	3	1	3	2	1-2	1	1
1103 P.Πάουλσεν	17,20	3	2	3	2-3	3	3		2	3
140 Ru	20,40	3	0-1	2	1	2	1-2		1	
41 B.	40	2	0-1	3	1	3	1	3	1	1
333 E.	40	2-3	2	3	1	3	1	1	1	1
196. 17C.	6	3	2	2	2	3	3	3	3	1
228.1C.	11	2	2	2	2-3	2	2	2	2	
1616 C	10	1-2	3	2	2-3	3	2	2	2	3
31 R.	14	2	1	2-3	1-2	2	2	3	2	1
44 - 53 M	10	3	1	2	1	3	3	3	3	

3 = Επίπεδο ευνοϊκό, 2 = επίπεδο μέσο, 1 = επίπεδο δυσμενές Πηγή, ΒΙΤΡΟΑ,Ε, Viviae CooperativiRauscedo

3.11. Εκλογή υποκειμένου

Κατά την εγκατάσταση αμπελώνα η εκλογή υποκειμένου γίνεται με κριτήρια την προσαρμογή στο έδαφος, τη συγγένεια με το εμβόλιο και τις σχέσεις εδάφους-υποκειμένου-εμβολίου. Συχνά δεν δίνεται η προσοχή που επιβάλλεται κατά την εκλογή του υποκειμένου με συνέπεια ο αμπελώνας να είναι εκτεθειμένος σε σοβαρούς κινδύνους. Κριτήρια κατά την εκλογή υποκειμένου, εκτός από την αντοχή στη φυλλοξήρα που θεωρείται δεδομένη, είναι η αντοχή στο CaCO_3 του εδάφους, την ξηρασία, την υπερβολική υγρασία στα άλατα του εδάφους, τους νηματώδεις σκώληκες, η προσαρμογή σε συνεκτικά εδάφη, η ζωνρότητα υποκειμένου και η διάρκεια του ετήσιου κύκλου βλαστήσεως.

Πίνακας 3.3. Αντοχή των κυριότερων υποκειμένων στη χλώρωση

Υποκείμενο	Ενεργό ασβέστιο
Violla	0 - 4
Riparia Gl, 196/17 Gl, G 1	0 - 6
101 - 14	0 - 8
44 - 53, 26 G	0 - 10
3306, 3309, 44-53	0 - 11
1202, A X R, G 1	0 - 13
Rup. du Lot, 31 Richter	0 - 14
57, 99, 110 Richter	0 - 17
5 BB K, 420 A, 34 EM, 140 Ru	0 - 20
161 - 49	0 - 25
1447 P	0 - 30
41 B, 333 EM	0 - 40

Προϋπόθεση επιτυχίας μιας νέας αμπελοφυτείας είναι η προσαρμογή του υποκειμένου στις εδαφολογικές συνθήκες. Τα μέσης συστάσεως εδάφη με μικρή περιεκτικότητα CaCO_3 που διατηρούν αρκετή υγρασία είναι κατάλληλα για όλα σχεδόν τα υποκείμενα, εκτός από τα πολύ ζωηρά.

Αντίθετα στα συνεκτικά, αργιλώδη και υγρά, ψυχρά εδάφη, το ριζικό σύστημα των υποκειμένων υποφέρει και συχνά προσβάλλεται από σηψιρριζίες. Επίσης δύσκολα για τα πιο πολλά υποκείμενα είναι τα χαλαρά, ξηρά και αβαθή

εδάφη. Εκτός από την προσαρμογή βασικής σημασίας είναι και η συγγένεια του υποκειμένου με το εμβόλιο, δηλαδή οι σχέσεις μεταξύ εμβολίου και υποκειμένου. Από έλλειψη συγγένειας μεταξύ εμβολίου και υποκειμένου μπορεί να προκληθούν διάφορες ανωμαλίες όπως: ατελείς συγκολλήσεις που δυσκολεύουν την κανονική ανάπτυξη των πρέμνων ή και ξηράνσεις των εμβολίων· περιορισμένη βλαστική ισχύ, χαμηλές αποδόσεις και μικρά ποσοστά επιτυχίας στους εμβολιασμούς.

3.11.1. Προσαρμογή των υποκειμένων στο έδαφος – χλώρωση

Το πρόβλημα της προσαρμογής των αμερικανικών αμπέλων στο έδαφος, αντιμετωπίστηκε αμέσως από τα πρώτα στάδια της αναμπελώσεως τους από την φυλλοξήρα των αμπελώνων που είχαν καταστραφεί από τη φυλλοξήρα.

Ήδη από το 1874 ο P. Viala διαπίστωσε τις σημαντικές διαφορές προσαρμογής στο έδαφος των αμερικανικών αμπέλων και εν συνεχεία, μετά του L. Ravaz, παρατήρησε την επίδραση του ανθρακικού ασβεστίου σ' αυτό και την εκδήλωση των χλωρωτικών φαινομένων στα πράσινα μέρη των φυτών. Από τότε και για πολλά χρόνια, η σχέση ασβεστίου - χλώρωσης διατηρήθηκε αμετάβλητη και πάνω σ' αυτή στηρίχθηκε η εκλογή των καταλλήλων για κάθε έδαφος αμερικανικών υποκειμένων.

Η χλώρωση (κν. κιτρίνισμα) μπορούμε να πούμε ότι είναι η έκφραση μιας ανώμαλης κατάστασης του πρασίνου των φυτών κατά την οποία, λόγω ελαττωματικής λειτουργίας, οι χλωροπλάστες αντί του τυπικά πράσινου χρωματισμού τους λαμβάνουν χρωματισμό κιτρινοπράσινο ή καθαρώς κίτρινο ή φαιό.

Πράγματι η χλώρωση εκδηλώνεται με αποχρωματισμό των φύλλων και των ποωδών ακόμα κληματίδων, στις αρχές ή κατά την διάρκεια της βλαστήσεως. Στα φύλλα παρατηρείται κατ' αρχάς ελάττωση της ζωηρότητας του πρασίνου χρωματισμού των, άλλοτε μεν σε ένα μόνον σημείο, άλλοτε δε εφ' ολοκλήρου της επιφάνειας του ελάσματος. Εν συνεχεία τα φύλλα λαμβάνουν χρωματισμό κιτρινόφαιο, κίτρινο και τέλος στις βαριές περιπτώσεις φαιό. Τα χείλη του ελάσματος καθίστανται ερυθροφαιά, όπως και το μεταξύ των νεύρων παρέγχυμα. Τέλος τα φύλλα συρρικνώνονται και αποξηραίνονται περιφερειακά. Ακολουθεί πτώση των φύλλων, συνοδευόμενη από ανθόρροια, μικρορραγία, ατελή ξυλοποίηση των κληματίδων και κατ' ακολουθία ανεπαρκή παραγωγή, ενώ το φυτό φθίνει μέχρι πλήρους αποξηράνσεώς του.

Παράλληλα οι ρίζες μακροσκοπικά φαίνονται φυσιολογικά ανεπτυγμένες, ή λίγο ασθενικές, αλλά είναι μαλακότερες, πλέον ευλύγιστες και περιέχουν λίγες αποθησαυριστικές ουσίες.

Την ευπάθεια στην χλώρωση αυξάνουν όλα τα αίτια που προκαλούν εξασθένηση του φυτού. Αυτά είναι: α) Οι ασθένειες, μη εξαιρουμένης της φυλλοξήρας, η οποία συμπληρώνει την ενέργειά της με την χλώρωση και πλήττει με θανατηφόρα αποτελέσματα ακόμη και αμπέλους μεγάλης αντοχής. β) Η ανεπάρκεια θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος ή η δυσαναλογία μεταξύ τους (π.χ. δυσαναλογία μεταξύ αζώτου και φωσφόρου). γ) Τα τραύματα τα προκαλούμενα στα φυτά, ή από κακό εμβολιασμό, ή εξαιτίας ζωικών παρασίτων (νηματώδεις σκώληκες, ακάρεα, έντομα), η εξαιτίας φυτικών παρασίτων (βακτηρίδια και μύκητες). δ) Η ξηρασία μετά από άφθονες βροχοπτώσεις και υπερβολική του εδάφους υγρασία.

Ο εμβολιασμός τροποποιεί την δεκτικότητα των αμπέλων στην χλώρωση. Δεν αποκλείεται αύξηση της αντοχής με τον εμβολιασμό, αλλά γενικώς προκαλεί εξασθένηση του φυτού και επιδεινώνει τα επακόλουθα της χλώρωσης, ούτως ώστε άμπελοι, οι οποίοι σε μερικά ασβεστώδη εδάφη παραμένουν υγιείς εφ' όσον είναι ανεμβολίαστοι, προσβάλλονται από χλώρωση μόλις εμβολιασθούν.

Η χλώρωση όμως η οφειλομένη στα περισσότερα των προαναφερθέντων αιτιών έχει σχεδόν πάντοτε χαρακτήρα παροδικό, διότι δύναται να θεραπευθεί με τη μεταβολή μιας ή περισσότερων αιτιών που την προκαλούν. Αλλά η χλώρωση που ιδιαίτερα απασχολεί εμάς είναι η αθεράπευτη και οφείλεται σε άλλα αίτια.

Κατά τη παλαιότερη υπόθεση, επί του μηχανισμού του προκαλούντος την εκδήλωση των χλωρωτικών φαινομένων, το διττανθρακικό ασβέστιο που κυκλοφορεί σε διάλυση στο νερό του εδάφους, απορροφώμενο με την μορφή αυτή από τις ρίζες και μεταφερόμενο στους αφομοιωτικούς ιστούς, προκαλεί καθίζηση των οργανικών οξέων, με αποτέλεσμα την ελάττωση της οξύτητας του κυτταρικού χυμού και κατ' ακολουθία τον περιορισμό της λειτουργίας του πρωτοπλάσματος μέχρι παρεμποδίσσεως του σχηματισμού της χλωροφύλλης.

Την υπόθεση αυτή ακολούθησαν πολλοί άλλοι, αναφερόμενοι στην αλκαλικότητα των εδαφών και την κινητικότητα των πολυδυναμικών μετάλλων, των απαραίτητων στα φυτά, όπως ο σίδηρος, το μαγνήσιο, ο ψευδάργυρος, χωρίς όμως μέχρι τώρα να έχει αποδειχθεί κάτι το συγκεκριμένο.

Προς καταπολέμηση της χλωρώσεως συνιστάται: α. η επάλειψη των πηγών του κλαδεύματος (διεξαγόμενη πολύ νωρίς) με διάλυση θεικού σιδήρου, τουλάχιστον

40%, στην οποία προστίθεται και κιτρικό οξύ σε αναλογία 5 -10%. β. ο ψεκασμός κατά τη θερινή περίοδο της κόμης των φυτών με διάλυση θειικού σιδήρου 5%. γ. η άρδευση κατά την άνοιξη των πασχόντων φυτών με 15 χιλιοστά νερού, εντός του οποίου έχουν διαλυθεί και 300 γραμμάρια θειικού σιδήρου, δ. σε νεώτερα πειράματα η προσθήκη στον βορδιγάλειο πολτό ενός γραμμαρίου βόρακα και ενός γραμμαρίου θειικού μαγγανίου ανά εκατόλιτρο, κατά τους ψεκασμούς για την καταπολέμηση του περονόσπορου, έδωσε πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Δεν είναι όμως πολύ δυνατό να καταπολεμήσουμε την χλώρωση με τα θεραπευτικά αυτά μέσα. Συνεπώς οφείλομε να την προβλέψουμε με την εκλογή καταλλήλων υποκειμένων. Τα χρησιμοποιούμενα υποκείμενα συχνά προσαρμόζονται κακώς στο κλίμα και το έδαφος. Εκτός της αντοχής τους στην φυλλοξήρα, πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν εξ ίσου και τα οικολογικά τους χαρακτηριστικά.

Ως υλικό για την απόκτηση υποκειμένων χρησίμευσαν αυτοφυή είδη, ή είδη προερχόμενα από αυτογονιμοποίηση ή σταυρεπικονίαση. Τα λίγα χρησιμοποιούμενα αυτοφυή είδη προέρχονται από περιοχές, οι οποίες από απόψεως κλίματος και εδάφους σαφώς διαφέρουν των αμπελουργικών μας περιοχών. Χρησιμοποιώντας κατά τις διασταυρώσεις το υλικό αυτό, έχουμε εισαγάγει γεννητικό υλικό που δεν μπορεί να προσαρμοσθεί ικανοποιητικά. Γι' αυτό το όριο αντοχής στο ανθρακικό ασβέστιο αυξομειώνεται για κάθε υποκείμενο ανάλογα με την επίδραση και κάποιων άλλων παραγόντων (φύση ανθρακικού ασβεστίου, δηλαδή δραστικό ή μη, ποσότητα αργίλου και λεπτής άμμου, συνεκτικότητα, υγρασία εδάφους και υπεδάφους, χρησιμοποιούμενο εμβόλιο κλπ.).

Το φαινόμενο της χλωρώσεως δεν είναι απλό. Ούτε και τα στην διάθεση μας μέσα, για το χαρακτηρισμό της χλωρωτικής ικανότητας ενός εδάφους, είναι τόσο απλά. Για μεγάλο χρονικό διάστημα περιοριζόμασταν στον προσδιορισμό του ολικού ανθρακικού ασβεστίου δοθέντος εδάφους, διαλυτού σε υδροχλωρικό οξύ, επιτυγχανόμενο με ειδικά όργανα, τα ασβεστόμετρα (Οίκονομίδου, Bernard).

Και σήμερα, σ' εμάς αλλά και στις περισσότερες αμπελουργικές χώρες, η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται. Η πείρα όμως απέδειξε ότι η χλωρωτική ικανότητα του ασβεστίου είναι σημαντικά διαφορετική και ανάλογη με τους χαρακτήρες ή τα εξωτερικά αίτια και κυρίως την φυσική κατάσταση του. Εξαρτωμένη από τους γεωλογικούς σχηματισμούς από τους οποίους προέρχεται. Η διαφορά αυτή της φυσικής κατάστασης, μεταβάλλει τις τιμές διαλυτότητας νερού και ασβεστίου, μεταβάλλει την ταχύτητα προσβολής αυτού υπό των διαλυτών οξέων των

κυκλοφορούντων στο έδαφος. Την ταχύτητα αυτή προσδιόρισε ο Houdaille μέσω του ποσού σε χιλιοστά του γραμμαρίου ανθρακικού ασβεστίου διαλυομένου σε ένα δεύτερο λεπτό ενός γραμμαρίου εδάφους προσβαλλόμενου από τρυγικό οξύ 25%. Η ταχύτητα προσβολής που προσδιορίζεται κατ' αυτό τον τρόπο ονομάστηκε «χλωρωτική ικανότητα».

Επινοήθηκαν στη συνέχεια και άλλες παρεμφερείς μέθοδοι, έχοντας ως αρχή το ότι η χλωρωτική ικανότητα του ασβεστίου εξαρτάται όχι μόνο από την ποσότητα του ανθρακικού ασβεστίου, αλλά επίσης και από την λεπτότητα και τη μορφή αυτού. Επί της αρχής αυτής στηρίζεται η μέθοδος Drouineau-Galet (1947). Κατ' αυτήν, το δείγμα εδάφους αποξηραίνεται σε 105°C και ακολούθως κοσκινίζεται με κόσκινο που έχει τρύπες στρογγυλές διαμέτρου ενός χιλιοστού. Ζυγίζονται απ' αυτό 2,5 γραμμάρια, εισάγονται σε φιαλίδιο 500 κυβικών εκατοστών, προστίθενται 250 κ.ε. οξαλικού αμμωνίου N/5 και το μίγμα αναδεύεται για ένα δίωρο σε μηχανικό αναδευτήρα. Το παρασκεύασμα αυτό στη συνέχεια φιλτράρεται, απορριπτόμενων των πρώτων φιλτραρισθέντων κυβικών εκατοστών, λαμβάνονται 20 κ.ε. και μεταφέρονται σε φιαλίδιο των 400 κυβικών εκατοστών, στο όποιο προστίθενται 100 κ.ε. απεσταγμένου νερού και 5 κ.ε. πυκνού θειικού οξέος. Μετράμε σταγόνα προς σταγόνα αναδεύοντας το υγρό με υπερμαγγανικό κάλιο N/5 μέχρι αυτό να αποκτήσει ένα ρόδινο σταθερό χρωματισμό. Έστω χ η τιμή που βρέθηκε.

Η διάλυση του οξαλικού αμμωνίου μετράται κατά αυτό τον τρόπο και πρέπει να λάβουμε $X = 20$ κ.ε., εφ' όσον οι δύο διαλύσεις είναι απόλυτα ακριβείς. Ο υπολογισμός αποδεικνύει ότι η επί τοις εκατόν περιεκτικότητα ενεργού ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος είναι: $(X - \chi) \cdot 5$.

Τα τεχνικά δεδομένα της εκλογής των αμερικανικών υποκειμένων δεν είναι σήμερα πολύπλοκα.

1. Η χλωρωτική ικανότητα ενός εδάφους περιορίζει τον αριθμόν των υποκειμένων. Μόνο ο ακριβής προσδιορισμός της τοιαύτης χλωρωτικής ικανότητας δεν έχει κατορθωθεί ακόμη να είναι απολύτως ακριβής.
2. Κάθε υποκείμενο σε ένα δεδομένο έδαφος αναπτύσσει ισχύ διαφορετική, οφειλομένη ως φαίνεται σε ιδιότητες της ποικιλίας. Το υποκείμενο το καλύτερο προσαρμοζόμενο στο έδαφος αποδεικνύεται ισχυρότερο. Ως προς τα εδάφη, η ταξινόμηση των υποκειμένων είναι διαφορετική. Αλλ' είναι δύσκολος ο ακριβής προσδιορισμός.

3. Η ισχύς η μεταβιβαζόμενη υπό του υποκειμένου στο εμβόλιο, προστίθεται στην ισχύ την παρεγομένη υπ' αυτού τούτου του εδάφους εύκολα εννοούμε ότι:

Έδαφος πλούσιο + ισχυρό υποκείμενο = εμβόλιο πολύ ισχυρό.

Έδαφος πτωχό + ασθενές υποκείμενο = εμβόλιο πολύ ασθενές.

Λείπουν όμως οι βάσεις σύμφωνα προς τις οποίες, χωρίς πείραμα, δύνανται να προσδιορισθούν τα αποτελέσματα των ενώσεων:

έδαφος πλούσιο + ασθενές υποκείμενο.

έδαφος πτωχό + ισχυρό υποκείμενο.

4. Εν τούτοις η παραγωγή (ποιοτική και ποσοτική) καθορίζει κατά το μεγαλύτερο ποσοστό, από την ισχύ της εκάστοτε χρησιμοποιουμένης ως εμβόλιο ποικιλίας.

Κατά μερικές απόψεις (Branas), η εκλογή του υποκειμένου στο μέλλον θα βασίζεται μόνο στη δύναμή του και στην ιδιαίτερη λειτουργική του ικανότητα, διότι οι ανάγκες της προσαρμογής στο έδαφος θα έχουν όλες ικανοποιηθεί. Θα ήταν όμως επικίνδυνο το να καταληφθούμε από αυτή την αισιοδοξία. Πολλά αμερικανικά υποκείμενα εμφανίζουν κατά περιπτώσεις σημαντικές διαφορές προσαρμογής. Ιδιαίτερος για την Ελλάδα απαιτείται ετησίως σημαντική εργασία μελέτης και επιλογής των ίδιων των υποκειμένων και μελέτης της συγγένειάς τους με τις ντόπιες ποικιλίες. Πέραν τούτου απαιτείται σημαντική εργασία μελέτης των εδαφών και των γενικών προβλημάτων της προσαρμογής.

Συνεπώς, κατά την επιλογή του υποκειμένου, πρέπει να έχουμε υπ' όψιν δυο βασικούς συντελεστές, την καλή προσαρμογή στο έδαφος και την καλή συγγένεια μετά των εμβολίων· αλλά και πάλι δεν είναι πάντοτε εύκολο να επιτύχουμε τον απόλυτο συμβιβασμό τους.

Εκ τούτου τίθεται αμέσως το ερώτημα για τη διάρκεια ζωής των εμβολιασμένων αμπελώνων. Η διάρκεια ζωής των εμβολιασμένων αμπελώνων είναι σχεδόν πάντοτε μικρότερη από αυτή των αυτόρριζων. Συχνά αυτό αποδίδεται στον εμβολιασμό. Αλλά, αν και είναι αληθές, ότι πολλές φορές ο εμβολιασμός επιδρά στη διάρκεια ζωής των δύο υπό συμβίωση μερών, είναι επίσης αληθές, ότι σε πολλές περιπτώσεις αυτός είναι αμέτοχος. Το κυρίως αίτιο είναι η φυλλοξήρα και ακριβέστερα οι προσβολές από το έντομο αμερικανικών αμπέλων ανθεκτικών μεν, αλλά μικρής βλαστικής ισχύος, ιδιαίτερα λόγω κακής προσαρμογής στο έδαφος και κακής καλλιέργειας.

Για τα αμερικανικά αμπέλια οφείλουν να ληφθούν υπ' όψιν και οι παρακάτω παρατηρήσεις:

Ριζικό σύστημα: ανάπτυξη - μορφή. Δύναμη, έκταση, χρωματισμός, γωνία γεωτροπισμού.

Βλαστικοί χαρακτήρες: ριζοβολία, επιτυχία στον εμβολιασμό και σχέση προς τις κυριότερες ποικιλίες της περιοχής, προσαρμογή στο έδαφος, ανθρακικό ασβέστιο.

Επίδραση επί του εμβολίου: ισχύς, εποχή ωριμάνσεως των σταφυλών, ποσότητα και ποιότητα παραγομένου προϊόντος.

Αντοχή: στην φυλλοξήρα, τον περονόσπορο κά. ασθένειες, τάση προς εκφυλισμό.

3.12. Αντοχή στο ανθρακικό ασβέστιο

Ο βαθμός αντοχής των υποκειμένων στο ανθρακικό ασβέστιο του εδάφους ποικίλλει και γι' αυτό πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά την εκλογή του κατάλληλου υποκειμένου. Διαφορετικά, παρουσιάζονται προβλήματα χλώρωσης, που οφείλεται συνήθως σε δέσμευση του Fe από το ασβέστιο του εδάφους και σπανιότερα σε έλλειψη Fe στο έδαφος.

Ο προσδιορισμός του ολικού CaCO_3 με τη μέθοδο Bernard, ως κριτήριο για την εκλογή υποκειμένου, αποδείχθηκε ανεπαρκής και δίνει σε πολλές περιπτώσεις αναξιόπιστα αποτελέσματα για την χλωρωτική ενέργεια του εδάφους. Αντίθετα ο προσδιορισμός του ενεργού CaCO_3 με την μέθοδο Drouineau - Galet αποτελεί καλύτερο κριτήριο, γιατί με τον όρο ενεργό CaCO_3 χαρακτηρίζεται το ποσοστό εκείνο του CaCO_3 που βρίσκεται σε λεπτότατο διαμερισμό και ασκεί επίδραση στο ριζικό σύστημα των φυτών. Η αντοχή των κυριότερων υποκειμένων στο ενεργό (δραστικό) ασβέστιο δίνεται στον Πίνακα.

Διάφοροι παράγοντες, όπως η υγρασία του εδάφους και η θερμοκρασία μπορεί να επηρεάσουν τις τιμές του Πίνακα αντοχής, γι' αυτό και υπάρχουν διαφορές μεταξύ διαφόρων βιβλιογραφικών πηγών. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του 140 Ru, που κατά τους Drouineau - Galet έχει αντοχή 20%, κατά τον Reynier (1991) 25%, ενώ κατά το Βλάχο (1986α) έχει αντοχή 40% σε ενεργό ασβέστιο. Έχει δειχθεί επίσης ότι, στις ξηροθερμικές περιοχές η αντοχή στο ασβέστιο ενός υποκειμένου αυξάνεται ενώ στις υγρές περιοχές μειώνεται.

Έτσι για παράδειγμα, στις ξηροθερμικές συνθήκες της χώρας μας, το 140 Ru θα μπορούσε να δοθεί για ενεργό CaCO_3 μέχρι και 30% με κίνδυνο όμως να παρατηρηθεί χλώρωση, εάν κρύα και βροχερή άνοιξη ακολουθείται από ζεστό καιρό. Παρόλα αυτά, η εκτίμηση του ενεργού CaCO_3 δεν αποκλείει τον κίνδυνο εμφάνισης χλώρωσης σε μερικά εδάφη πλούσια σε ασβέστιο και φτωχά σε σίδηρο.

Πίνακας 3.4. Αντοχή υποκειμένων στο ενεργό CaCO₃ (Τροποποιημένος από Νταβίδης, 1975, Βλάχος 1986α, Reynier, 1991)

Υποκείμενο	Ενεργό CaCO ₃ (%)
Riparia gloire de Montpellier	6
1616C, 3309C	11
Rupestris du lôt	14
99R, 110R, 775P	17
1103P	19
5BB, S0 ₄	21
161- 49	25
140 Rug	30
4IB, 333EM	40

Προκειμένου να καλύψουν αυτή την περίπτωση, οι Juste και Rouget (1972) πρότειναν τη χρησιμοποίηση του Δείκτη Χλωρωτικής Ικανότητας (Δ.Χ.Ι), ως καλύτερο δείκτη της χλωρωτικής δύναμης του εδάφους, γιατί στηρίζεται όχι μόνο στο ενεργό ασβέστιο αλλά και στην περιεκτικότητα του διαθέσιμου σιδήρου στο έδαφος.

Πίνακας 3.5. Αντοχή των υποκειμένων στο Δείκτη Χλωρωτικής Ικανότητας του εδάφους (Reynier, 1991)

Υποκείμενο	Οριακή Τιμή Δ.Χ.Ι
Riparia Gloire de Montpellier	5
3309, 101-14	10
Rupestris du Lôt	20
99R, 110R, 1103P	30
420A, 5BB, SO ₄	40
161- 49,4IB	60
140 Rug	90
FercaL <i>vinifera</i>	120

Η αντοχή στο ασβέστιο του εδάφους

Οι παραγωγοί που είχαν την τύχη να καλλιεργούν μέχρι σήμερα την σουλτανίνα σε βαριά και ασβεστώδη εδάφη (ασπρούγια), θα είχαν ασφαλώς παρατηρήσει ότι τις χρονιές που η άνοιξη ήταν πολύ βροχερή, ότι τα αμπέλια παρουσίαζαν ένα χαρακτηριστικό κιτρίνισμα που είναι γνωστό ως «χλώρωση σιδήρου» ή «χλώρωση ασβεστίου».

Η φυσιολογική αυτή «ασθένεια» μειώνει την παραγωγή γιατί προκαλεί ανθόρροια και επιπλέον κακή ωρίμανση (μέστωμα) της κληματίδας και του σταφυλιού (λίγα ζάχαρα). Πρέπει να ξέρετε ότι το ήμερο αμπέλι είναι πιο ανθεκτικό στη χλώρωση από οποιοδήποτε άγριο. Έτσι, σε περιοχές που χλώρωνε η σουλτανίνα ή το κρασάμπελο, είναι σίγουρο ότι θα χλωρώνει οποιοδήποτε αμερικάνικο αμπέλι και μάλιστα σε εντονότερο βαθμό. Όλα τα υποκείμενα δεν έχουν την ίδια ευαισθησία. Ο παρακάτω πίνακας μας ενημερώνει για την αντοχή στο ασβέστιο των πέντε υποκειμένων που χρησιμοποιούνται σήμερα για την αναμπέλωση.

Πίνακας 3.6. Αντοχή των υποκειμένων στο ενεργό ανθρακικό ασβέστιο*.

Υποκείμενο	Περιεκτικότητα εδάφους σε ενεργό ανθρακικό ασβέστιο
110 R (110 Ρίχτερ)	μέχρι 17%
1103P (1103 Πάουλσεν)	μέχρι 20%
SO ₄ (σίγμα όμικρο 4)	μέχρι 20%
41B (41 βήτα)	μέχρι 40%
140Ru (140 Ρουτζέρι)	πάνω από 40%

* Οι τιμές του Δείκτη Χλωρωτικής ικανότητας του εδάφους δεν αναφέρονται γιατί ο προσδιορισμός του δεν γίνεται ακόμη στη χώρα μας.

Η χλώρωση σιδήρου στα καλλιεργούμενα φυτά είναι δυνατόν να οφείλεται σε έλλειψη του σιδήρου στο έδαφος ή να προκαλείται από υψηλές συγκεντρώσεις ανθρακικών και δισανθρακικών ιόντων στο εδαφικό διάλυμα, γεγονός που επηρεάζει αρνητικά τη διαθεσιμότητα του δισθενούς Fe στην περιοχή της ριζόσφαιρας.

Στην άμπελο δεν απαντάται συνήθως τροφοπενία σιδήρου, λόγω των επαρκών ποσοτήτων του θρεπτικού στοιχείου στα εδάφη των αμπελώνων. Η χλώρωση σιδήρου στην άμπελο οφείλεται σε σύμπλοκη διαταραχή του μεταβολισμού και πιο συγκεκριμένα σε διαταραχή της σχέσης του ενεργού μεταβολικά Fe προς τον ανενεργό μεταβολικά Fe (Fe³⁺) στο εσωτερικό του φυτού, λόγω της έντονης παρουσίας ανθρακικών ιόντων.

Πίνακας 3.7. Συμπεριφορά των ποικίλων *Cabernet Sauvignon* και *Merlot*, εμβολιασμένων στο υποκείμενο 3309C, σε συνθήκες χλώρωσης.

	<i>Cabernet Sauvignon</i> Ευαίσθητη	<i>Merlot</i> Ανθεκτική
Chl mg/g	0,55	2,60
P%	0,39	0,17
K%	1,83	1,12
Ca%	1,86	1,34
Fe mg/g	156	116
Λόγος Ξ.Β.		
βλ./ρίζα	1,55	0,66
Εμβολιασμός σε 3309C (<i>V. riparia</i> x <i>V. Rupestris</i>)		

Πίνακας 3.8. Αντοχή υποκειμένων αμπέλου στη χλώρωση Fe.

Υποκείμενα	Δραστικό CaCO ₃ %
<i>V. riparia</i>	6
101-14	9
44-53	10
3309, 1616C	11
R99, R110, 1103P	17
420A, 5BB, SO ₄ , 140Ru	20
161-49C	25
1447P	30
41B, 333EM	40

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΣΤΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

4.1. Αδρανοποίηση του σιδήρου μέσα στα φύλλα

Αν και σε ασβεστούχα εδάφη ένα σημαντικό μέρος του συνολικού σιδήρου εντοπίζεται στο επίπεδο των ριζών που κατακρημνίζεται εκτός των ριζών και δεσμεύεται στον αποπλάστη της ρίζας (Kosegarten and Koyro, 2001), είναι ακόμη ασαφές ποια αναλογία του απορροφούμενου Fe συγκρατείται στο επίπεδο των ριζών και πόση μεταφέρεται στο φύλλωμα όπου υφίσταται μια δεύτερη αναγωγή πριν την είσοδο στα κύτταρα του μεσοφύλλου. Η διαθεσιμότητα Fe για αναγωγή στον αποπλάστη του φύλλου είναι ένα δεύτερο σημαντικό βήμα απαραίτητο πριν ο Fe μπορέσει να απορροφηθεί από τα κύτταρα του φύλλου. Σε ένα χλωρωτικό φύλλο η ύπαρξη αποθεμάτων Fe τα οποία κατά ένα τρόπο αδρανοποιήθηκαν προτάθηκε από τον Mengel 1994 και αποδείχτηκε από άλλους ερευνητές (Kosegarten and English, 1994; Kosegarten *et al.*, 1999a, 2001; Tagliavini *et al.*, 1995b, 2000a), είναι ένα γεγονός που υπαινίσσεται ότι μέρος του Fe που προέρχεται από τις ρίζες δεν περνά το πλασμαλάμμα του φύλλου και πρέπει να δεσμεύεται στον αποπλάστη. Οι λόγοι για την αδρανοποίηση του Fe στον αποπλάστη είναι ακόμα υπό συζήτηση. Για κάποιους ερευνητές (Römheld, 2000) η αδρανοποίηση του Fe είναι μια παράπλευρη επίδραση που συμβαίνει στο φύλλο μετά το συμβάν της χλώρωσης Fe. Μια υψηλής συγκέντρωσης όξινη ανθρακική ρίζα HCO_3^- στο έδαφος θα οδηγούσε σε μια μείωση της απορρόφησης και διαθεσιμότητας Fe για την ανάπτυξη του φυλλώματος ομοίως η υψηλή συγκέντρωση Fe των χλωρωτικών φυτών θα ήταν η τελική συνέπεια της παρεμπόδισης της αύξησης του φύλλου ως αποτέλεσμα των δικαυβονικών. Άλλοι ερευνητές θεωρούν την αδρανοποίηση του Fe μείζονος σημασίας για την ανάπτυξη της χλώρωσης του Fe και έχουν ταυτοποιήσει κάποιους υπεύθυνους παράγοντες. Σύμφωνα με τον Mengel (1994) η μικρή αποδοτικότητα του Fe στους φυτικούς ιστούς σχετίζεται κατ' αρχήν με το υψηλό pH του αποπλάστη του φύλλου υπό αλκαλικές συνθήκες που θα εξασθενίζουν την αναγωγή του Fe^{3+} από τα κύτταρα του μεσοφύλλου και κατά συνέπεια θα επιβραδύνουν τη μεταφορά του Fe μέσω του πλασμαλάματος.

Περισσότερες γνώσεις για το pH του αποπλάστη και την αναγωγή του Fe^{3+} προέκυψαν από μελέτες από τον Kosegarten *et al.* (1999a) που, ύστερα από ανάπτυξη μιας τεχνικής για μετρήσεις *in vivo*, ανακάλυψε ότι το αλκαλικό pH του αποπλάστη σε διαφορετικά τμήματα του φύλλου μπορεί να φτάσει τιμές 6,3-7,0 ικανές να επιβραδύνουν την αναγωγή του Fe^{3+} . Η σχέση ανάμεσα στη χλώρωση και το pH του αποπλάστη επιβεβαιώνεται επίσης από τα δεδομένα Lopez-Millán *et al.* (2001) οι οποίοι βρήκαν ότι το pH του αποπλάστη του φύλλου από δένδρα αγλαδιάς που αναπτύχθηκαν στο χωράφι από 5,5-5,9 στο 6,5-6,6. Οι Kosegarten *et al.*, (2001) υπαινίσσονται ότι τα νιτρικά σχεδόν η μοναδική τροφή αζώτου που μπορεί να διατεθεί για απορρόφηση σε ανθρακικά εδάφη παίζει ένα ρόλο κλειδί στην αλκαλίωση του αποπλάστη του φύλλου. Αρκετά καρποφόρα δένδρα ανάγουν τα νιτρικά στο επίπεδο των ριζών και μεταφέρουν το N ως αμινοξέα μέσω του ακατέργαστου χυμού (Faust, 1989), διαφορετικές διαδικασίες από την απορρόφηση των νιτρικών στα κύτταρα του φύλλου μπορούν να εμπλέκονται στην αλκαλίωση του αποπλάστη και στην αδρανοποίηση του Fe στα φύλλα.

Άριστες τιμές pH για την αναγωγή Fe^{3+} στον αποπλάστη άθικτων φύλλων επιτεύχθηκαν σε pH 5 του αποπλάστη (Kosegarten *et al.*, 1999a,b) και σε πειράματα πρωτοπλάστες του φύλλου το οποίο πιθανόν σχετίζεται με το άριστο pH στην περιοχή του αποπλάστη της ρεδουκτάσης του τρισθενούς σιδήρου, ο οποίος είναι εντοπισμένος στο πλασμάλυμα εκτιμήθηκε κατά προσέγγιση 5,5-6,0 (González-Vallejo *et al.*, 2000; Susin *et al.*, 1996).

Η θεωρία της αδρανοποίησης του Fe που οφείλεται στην αλκαλίωση του αποπλάστη ανταποκρίνεται σε πειραματικά δεδομένα που επιτεύχθηκαν υπό συνθήκες αγρού δείχνοντας την επαναπόκτηση πρασίνου χρώματος των χλωρωτικών φύλλων ως αποτέλεσμα ψεκασμού όξινων διαλυμάτων στο φύλλωμα. (Sahu *et al.*, 1987; Tagliavini *et al.*, 1995b). Ο Kosegarten *et al.* (2001) ψεκάζοντας χλωρωτικά φύλλα ηλίανθου με κιτρικό οξύ που προστάτεψε από την πτώση το pH του αποπλάστη από 5,5 στο 5,0 και βρήκε ένα επαναπρασινισμό των φύλλων των οποίων η συγκέντρωση Fe παρέμεινε στο ίδιο επίπεδο. Αν και το δικαυβονβικό ασκεί άμεσα επίδραση στην αδρανοποίηση του Fe στο φύλλο, συζητείται ακόμη και αξίζει περαιτέρω προσοχής. Πειράματα από το Rutland (1971) έδειξαν ότι η παρουσία δικαυβονβικού στο μέσον αλλάζει την κανονική καταδιανομή ^{59}Fe , ο οποίος δεν φτάνει στις μεταξύ των αγγείων ελασματοειδείς περιοχές ενώ συσσωρεύεται στα αγγεία και στους πέριξ ιστούς. Σχετικά υψηλά διτανθρακικά

συγκεντρώσεις—ων (πάνω από 1,8 mM) βρέθηκε στον ακατέργαστο χυμό ξυλωδών φυτών όπως *Populus deltoids* (Stringer and Kimmerer, 1993). Ωστόσο, σύμφωνα με άλλους ερευνητές σε τυπικές τιμές pH αποπλάστη από 5,5-6,0 τα δικαυβονικά μπορεί να μην εμφανιστούν. (Lucena, 2000). Κατά τη διάρκεια που συμβαίνει η χλώρωση σιδήρου το κίτρικό: η αναλογία του σιδήρου στον αποπλάστη του φύλλου αυξάνει σημαντικά, όπως βρήκε στο φασόλι *faba bean* (Nikolic and Römheld, 1999) και στο ζαχαρότευτλο (López-Millán *et al.*, 2000). Καθώς η FCR δραστηριότητα επηρεάζεται δυσμενώς από την αύξηση του κίτρικού: η αναλογία Fe (López-Millán *et al.*, 2000), είναι πιθανώς ότι η συσσώρευση του Fe μέσα στον αποπλάστη του φύλλου μπορεί, κατ' ελάχιστο μέρος, μπορεί να απορρέει (προκύπτει) από υψηλές συγκεντρώσεις κίτρικού εις τον αποπλάστη του φύλλου (Abadia *et al.*, 2001). Σε αυξανόμενες τιμές pH (Spigo *et al.*, 1967) ο κίτρικός Fe μπορεί να σχηματίζει μακρά κίτρικά πολυμερή και επίσης μπορεί να είναι αιτία για την ελατούμενη (επιβραδυνόμενη) αναγωγή του τρισθενούς κίτρικού σιδήρου (Fe^{3+} citate). Κανείς μπορεί να υποθέσει αν και η ελάτωση της συγκέντρωσης κίτρικού στον ακατέργαστο χυμό των χλωρωτικών φυτών σχετίζεται με την απορρόφηση δισανθρακικών από τις ρίζες και η αντίδρασή τους με το φωσφορο-ενολ-πυροσταφυλικό οδηγώντας σε οξαλοξικό το οποίο είναι ένας πρόδρομος της σύνθεσης του κίτρικού. Χρησιμοποιείται μια οικολογική προσέγγιση στα πειράματα του Zohlen and Tyler (2000) υπαινίχτηκαν ότι τα ασβεστόφιλα και ασβεστόφοβα είδη έχουν διαφορετική ικανότητα να χρησιμοποιούν το Fe που προσλαμβάνεται από τις ρίζες. Με εξαίρεση αν και η απορρόφηση Fe από τα ασβεστόφοβα δεν περιορίζεται ακόμα και σε ασβεστόχα εδάφη, αυτά σε αντίθεση με τα ασβεστόφιλα δεν είναι ικανά να συγκρατήσουν το Fe σε μια μεταβολικά ενεργό μορφή και τα φύλλα ξαναγίνονται χλωρωτικά.

Σύμφωνα με τον Rouget (1974) η υπερβολική καρποφορία ένα έτος έχει ως αποτέλεσμα τα φυτά να καθίστανται περισσότερο επιρρεπή στην εμφάνιση σοβαρών συμπτωμάτων χλώρωσης την επόμενη χρονιά. Το φαινόμενο ερμηνεύεται από το γεγονός ότι δεν αποθηκεύονται αρκετές ποσότητες σακχάρων στις ρίζες με αποτέλεσμα η ανάκαμψη της βλάστησης την επόμενη χρονιά να μην είναι δραστήρια. Σ' αυτό το πλαίσιο είναι ενδιαφέρον ότι ο Fe προσλαμβάνεται από τις μύτες των ριζών (Clarkson and Hanson, 1980) και επομένως ο αριθμός των κορυφών της ρίζας που παρήχθη από το υποκείμενο την άνοιξη μπορεί να έχει επίδραση στην απορρόφηση του Fe.

Μια άλλη ιδιαίτερη άποψη για τη θρέψη Fe στα δέντρα σχετίζεται με το μέγεθός τους και στο γεγονός ότι μετά την απορρόφηση ο Fe οφείλει να μεταφερθεί σε μια μακρά απόσταση για να φτάσει στην φυλλική επιφάνεια. Προβλήματα στη μεταφορά μέσω του ξυλώματος είναι επομένως περισσότερο πιθανά στα ώριμα δένδρα. Τυπικά συμπτώματα χλώρωσης σιδήρου κιτρίνισμα μεταξύ των νευρώσεων ή ενίοτε άτυπη ομοιόμορφη χλώρωση όπως στην αχλαδιά στα δενδρώδη και στα αμπέλια αρχίζει αμέσως με την έκπτυξη των οφθαλμών πιθανώς ως αποτέλεσμα ανεπαρκούς αποθήκευσης σιδήρου ή αναπτύσσονται καθ' όλη τη διάρκεια της βλαστικής εποχής ως συνέπεια των υπερβολικών απαιτήσεων του φυτού που υπάρχουν σε σχέση με την διαθεσιμότητα του σιδήρου. Γενικά, ωστόσο η χλώρωση εμφανίζεται περισσότερο συχνά την άνοιξη όταν οι βροχοπτώσεις προκαλούν μια αύξηση της συγκέντρωσης των δικαρβονικών στο έδαφος (Boxma, 1982) σε μια περίοδο έντονων απαιτήσεων σε Fe. Εάν οι συνθήκες του εδάφους βελτιωθούν κατόπιν νέα πράσινα φύλλα εμφανίζονται αλλά τα προηγούμενα χλωρωτικά φύλλα είναι απίθανο να ξαναπρασινίσουν. Οι απώλειες παραγωγής καρπού που προκαλούνται από τη χλώρωση του φύλλου εξαρτώνται από το βαθμό και από την περίοδο που αναπτύσσεται η χλώρωση και γενικά οι κρίσιμες περίοδοι συμπίπτουν με την λανθιση και το δέσιμο του καρπού: αυτό εφαρμόζεται ιδιαίτερα σε καρπούς που δεν δένουν εύκολα όπως αχλάδια (*Pyrus communis*) ή το ακτινίδιο (*Actinidia deliciosa*), του οποίου το τελικό μέγεθος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον αριθμό των σπόρων.

Ένα σχετικά υψηλό επίπεδο χλώρωσης είναι πιθανόν περισσότερο αποδεκτό σε άλλες φαινολογικές φάσεις, ειδικά εάν αυτό περιορίζεται στο μέρος της φυλλικής επιφάνειας όπου μόνο βλαστικά και όχι ανθοφόροι οφθαλμοί εμφανίζονται. Τα χλωρωτικά συμπτώματα επίσης ποικίλουν από χρονιά σε χρονιά ως αποτέλεσμα διαφοράς των δένδρων και περιβαλλοντικών μεταβλητών, όπως οι αποδόσεις, οι θερμοκρασίες, βροχές. Σε εδάφη όπου τα άγονα επιφανειακά στρώματα είναι λιγότερο πλούσια σε CaCO_3 απ' ό τι τα βαθύτερα στρώματα, είναι πιθανόν ότι σε δένδρα και αμπέλια αναπτύσσεται χλώρωση μόνο όταν η ηλικία τους και εξερεύνηση των στρωμάτων από τις ρίζες με φτωχές συνθήκες για την απορρόφηση Fe.

Η μελέτη των χαρακτηριστικών του εδαφικού προφίλ παρέχει ένα χρήσιμο εργαλείο για την κατανόηση τέτοιων προβλημάτων. Στο δικό μας πείραμα εδάφη τα οποία είχαν επί πολλά χρόνια υποστεί όργωμα πριν τη φύτευση μπορούν να

παρουσιάζουν στρώματα λεπτής δομής ακριβώς από κάτω από το βάθος οργώματος το οποίο θα μπορούσε να είναι πλούσιο σε CaCO_3 εξαιτίας της έκπλυσης από περισσότερα επιφανειακά στρώματα. Η καθαρή αφαίρεση υπολογίζεται κυρίως από το ποσό που αναπληρώνεται στα χωράφια και το ξύλο κλαδέματος, αν δεν αφέθηκε στο έδαφος και κόπηκε, ενώ οι ποσότητες του Fe σε πολυετές πλαίσιο με μια σχετικά σταθερή βιομάζα δεν διαφοροποιείται σημαντικά από έτος σε έτος και είναι επομένως αμελητέα. Για το ακτινίδιο οι συγκεντρώσεις του Fe των 33 mg/g ξηρού βάρους εκτιμήθηκαν ως αποτέλεσμα μιας συνολικής αφαίρεσης σιδήρου στους καρπούς γύρω στα 160g ανά εκτάριο $/\text{ha}^{-1}$ για μια παραγωγή καρπού των 30tn/εκτάριο. Για αποδόσεις διαφόρων σαρκωδών καρπών οι απώλειες είναι της τάξης από 1 – 10 που συγκομίστηκαν στον αγρό. Ετήσια αφαίρεση Fe δια του ξύλου κλαδέματος εκτιμήθηκαν για τα δένδρα ροδακινιάς στη Βόρεια Ισπανία να είναι της τάξης των 150 g Fe / εκτάριο και παρόμοιες ποσότητες Fe υπολογίστηκε να επιστρέφει στο έδαφος μέσω των φύλλων μετά την αποκοπή τους.

4.2. Η διαθεσιμότητα του σιδήρου στο έδαφος

Καθώς περιγράφηκε προηγουμένως, οι ετήσιες απώλειες Fe στα δενδρώδη και τα αμπέλια είναι σχετικά χαμηλές. Οι συνολικές ποσότητες Fe στη θεωρία στα καλλιεργούμενα εδάφη δεν θα μπορούσαν να δικαιολογήσουν την εμφάνιση τροφοπενίας (έλλειψης) Fe, η οποία, εντούτοις, συμβαίνει συχνά ως αποτέλεσμα μικρής διαθεσιμότητας Fe για τα φυτά. Διάφορα εδάφη με τα αναφερθέντα χαρακτηριστικά μπορούν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη χλώρωσης Fe.

Η πρόβλεψη των κινδύνων μιας μελλοντικής εμφάνισης χλώρωσης Fe σε μια φύτευση είναι μεγαλύτερης σημασίας στο καρποφόρο δένδρο στη βιομηχανία του σταφυλιού και θα μπορούσε να οδηγήσει στην ορθή επιλογή του υποκειμένου που θα χρησιμοποιηθεί. Σφάλματα σ' αυτό το στάδιο θα μπορούσαν να καταστήσουν πιθανώς την επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων χωρίς αγρονομικά και χημικά μέσα για την ολική επιδιόρθωση της χλώρωσης καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής των δενδρωδών και των αμπελιών. Δεδομένου του αριθμού των εδαφικών παραγόντων που εξασθενίζουν τη θρέψη Fe δεν είναι πάντα εύκολο να προλεχθεί η δυνατή εμφάνιση σιδήρου σε μια πολυετή καλλιέργεια με βάση μιας και μοναδικής παραμέτρου του εδάφους. Το pH του εδάφους είναι συχνά μία χρήσιμη αλλά όχι επαρκής παράμετρος. Είναι ευρέως γνωστό ότι η παραγωγή καρπών που είναι

προσαρμοσμένη σε όξινα εδάφη γρήγορα αναπτύσσουν χλώρωση σε υποαλκαλικές ή αλκαλικές συνθήκες (π.χ. βατόμουρο, ακτινίδιο, raspberry) ενώ άλλοι γενότυποι είναι περισσότερο ικανοί να αντιμετωπίσουν υψηλά εδαφικά pH (πιθανόν μέσω μιας έμφυτης ικανότητας του σε υψηλότερο pH του αποπλάστη της ρίζας), εκτός εάν το έδαφος είναι επίσης ασβεστούχο και επομένως ρυθμισμένο στο επίπεδο των 7,5-8,5 (Loeppert *et al.*, 1994). Το ολικό ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) ωστόσο είναι όχι ιδιαίτερα χρήσιμο για να προβλεφθεί η ανάπτυξη της χλώρωσης Fe, ενώ το λεπτό κλάσμα ενεργού ανθρακικού ασβεστίου (Drouineau, 1942) είναι περισσότερο ενεργό και επομένως ικανό να οικοδομήσει και να διατηρήσει υψηλό επίπεδο όξινων ανθρακικών (HCO_3^-) στο εδαφικό διάλυμα (Inskeep and Bloom, 1986) και είναι επομένως συχνά ένας περισσότερο αξιόπιστος δείκτης. Τα είδη κατατάσσονται σε συμφωνία (ακολουθώντας) με το επίπεδο του ενεργού ανθρακικού ασβεστίου στο οποίο αρχίζουν να αναπτύσσονται χλωρωτικά συμπτώματα: πολύ ευαίσθητα είδη ή γενότυποι όπως το quinces και το ακτινίδιο δεν ανέχονται ακόμα χαμηλότερες συγκεντρώσεις ενεργού ανθρακικού ασβεστίου ($<50\text{g kg}^{-1}$), ενώ πολλοί γενότυποι αμπέλου (vitis) μπορούν να καλλιεργηθούν σε εδάφη με 100-150 g kg^{-1} ενεργού ανθρακικού ασβεστίου. Ενδείξεις που επιτεύχθηκαν στο σταφύλι υπαινίσσονται ότι ένας μοναδικός (ιδιαίτερος) γενότυπος μπορεί να ανέχεται υψηλότερα επίπεδα ενεργού ανθρακικού ασβεστίου εάν οι ποσότητες του διαθέσιμου σιδήρου στο έδαφος αυξηθούν σε ένα ορισμένο επίπεδο. Αυτή η σύλληψη που κατέληξε στον «δείκτη χλωρωτικής ικανότητας» ο οποίος προτάθηκε από τον Rouget το 1974 όταν η ποσότητα του ενεργού ανθρακικού ασβεστίου σχετίζεται με το ποσό του εκχθλιζόμενου Fe από το οξαλικό αμμώνιο. Πρέπει να τονιστεί, όμως, ότι ο προσδιορισμός του ενεργού ανθρακικού ασβεστίου είναι μόνο μια έμμεση εκτίμηση της ποσότητας της λεπτής δομής ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3) καθώς στην πράξη δείχνει το ποσό του ελεύθερου αντιδρώντος (ενεργού) ασβεστίου με το οξαλικό οξύ: επομένως, πρέπει να λαμβάνεται προφύλαξη στη χρήση μιας τέτοιας μεθόδου στα εδάφη όπου δυναμικές πηγές όξινων ανθρακικών άλλες από το CaCO_3 , όπως ο δολομίτης, είναι παρούσες.

Ο σίδηρος στο έδαφος είναι ευρέως παρών σε ανόργανη μορφή κυρίως ως άμορφος σίδηρος, γκεθίτης, αιματίτης και ως υδροξείδιο του σιδήρου και είναι λίγο διαθέσιμος για απορρόφηση από το φυτό υπό αερόβιες συνθήκες. Επομένως, για να προβλεφθεί η διαθεσιμότητα σιδήρου στο έδαφος, μια σειρά εκχυλιστικών διαλυμάτων του διαθέσιμου στο έδαφος Fe έχει προταθεί (HCl, DTPA κτλ).

Δεδομένου ότι η διαλυτότητα των οξειδίων του Fe εξαρτάται από το pH, κάτω από αλκαλικά και ασβεστούχα εδάφη η διαθεσιμότητα του ανόργανου Fe είναι πολύ μακριά από την απαιτούμενη για την ικανοποίηση των απαιτήσεων του φυτού (Lindsat, 1974). Πρόσφατη πειραματική ένδειξη που αφορά μείζονα επίδραση στη θρέψη Fe είναι το κλειδί του ρόλου που παίζεται από τις μορφές του διαθέσιμου στη ρίζα Fe διαφορετικές από τον ανόργανο Fe. Τουλάχιστο τρεις κύριες ομάδες ενώσεων Fe των οποίων ο ρόλος για τη θρέψη του Fe υποτιμάται πιθανώς στα δενδρώδη και στα αμπέλια μπορεί να απαριθμηθεί: χηλικός Fe από φυτοσιδηροφόρα μικρόβια και σύμπλοκος Fe από οργανική ουσία. Ο ρόλος των (μικροβιακών) σιδηροβακτηρίων στην πρόσληψη του σιδήρου από τις ρίζες έχει αποδειχθεί από μελέτες από τον (Crowley et al. 1991, 1992) και πρόσφατα οι Masalha et al. (2000) έδειξε ότι καταστρέφοντας την μικροβιακή χλωρίδα του εδάφους με αποστείρωση προέκυψε σε σοβαρές βλάβες θρέψης Fe και την δύο στρατηγική I (είδη τα οποία δεν παράγουν φυτοσιδηροφόρες στις ρίζες τους, (Römheld and Marschner, 1986). Ένας μεγάλος αριθμός σιδηροφόρων απομονώθηκε (Römheld and Marschner, 1986, Crowley, 2001), μερικοί από αυτούς παρήχθησαν από μικροοργανισμούς που είναι παρόντες στην κοπριά της αγελάδας (Chen et al., 1998). Πρόσφατα πειραματικά δεδομένα (Chen et al., 2000) δείχνουν ότι τουλάχιστον σε μερικά είδη της στρατηγικής I ο χηλοποιημένος Fe είναι από σιδηροφόρες (Fe-αεροβακτήνη είναι παρούσα στο compost) προσλαμβάνεται άμεσα ως σύμπλοκο. Αν και η μελέτη του ρόλου των σιδηροφόρων στην πρόσληψη Fe έχει σχεδόν αποκλειστικά περιοριστεί στα φυτά της στρατηγικής II (είδη που συνθέτουν σιδηροφόρες στις ρίζες τους) κάποια ένδειξη μαρτυρεί ότι αυτές μπορούν να βελτιώσουν την πρόσληψη Fe των ριζών δένδρων που μεγαλώνουν σε ίδια όγκου εδάφη. (Tagliavini et al., 2000a). Ένα τρίτο γκρούπ φυσικών χηλικών ενώσεων Fe είναι ο παραγόμενος από σύμπλοκη δράση σιδήρου από τις χουμικές ουσίες. Όπως πρόσφατα εδείχθη από τους Cesco et al. (2000), ουσίες εκχυλισμένες με νερό (WEHS) είναι ικανές να διαλυτοποιήσουν το Fe από υδροξείδιο και να το κάνουν διαθέσιμο για πρόσληψη από τις ρίζες (Pinton et al., 1999).

4.3. Υλικά και μέθοδοι

Φυτικό υλικό και συνθήκες ανάπτυξης

Πείραμα 1^ο

Επιδράσεις χουμικών παραγόντων στην αύξηση και θρέψη υποκειμένων.

Για την διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν ενός έτους φυτά αμπέλου από υποκείμενα 41B (Chasselas x Berlandieri) 140 Ruggery (Berlandieri x Rupestris de Lôt), 110 Richter (Berlandieri x Rupestris Martin). Τα φυτά ήταν φυτεμένα σε γλάστρες οι οποίες ήταν τοποθετημένες σε ανοιχτό χώρο. Έγινε κλάδεμα και τοποθετήθηκαν τα φυτά κατά μέγεθος σε 3 σειρές από 7 φυτά ανά επέμβαση. Φτιάχτηκαν 5 ομάδες φυτών από 21 φυτά η κάθε ομάδα (7 R110, 7 140 Ru, 7 41 B). Σύνολο 105 φυτά. 7 φυτά ανά υποκείμενο και επέμβαση.

Η σύσταση του εδάφους που χρησιμοποιήθηκε ήταν άμμος 80%, άργιλος 5%, ιλύς 15% και χαρακτηρίζεται ως αμμοπηλώδες (SL). Η τιμή του pH του εδάφους ήταν 7,56 ή E.C. 4,5 mmhos, CaCO₃ 54,56%, ενεργό Ca 6,75%. Η περιεκτικότητα του εδάφους για τα θρεπτικά στοιχεία P ήταν 5 ppm και K 14mg/100g.

Τα υποκείμενα ήταν εμβολιασμένα σε δύο βλαστούς. Οι γλάστρες τοποθετήθηκαν σε ανοιχτό χώρο του αγροκτήματος. Άρδευση με σταγόνες. Τα υποκείμενα λιπαίνονταν με 0,3g N, 0,086g P και 0,248g K /γλάστρα.

Οι επεμβάσεις που έγιναν ήταν οι εξής:

α. Control

β. Χουμικά οξέα Φ.Ε. α' επίπεδο Διάλυμα 50 ppm

γ. Χουμικά οξέα Φ.Ε. β' επίπεδο Διάλυμα 500 ppm

δ. Χουμικά οξέα ΚΛ. α' επίπεδο Διάλυμα 50 ppm

ε. Χουμικά οξέα ΚΛ. β' επίπεδο Διάλυμα 500 ppm

Οι επεμβάσεις γίνονταν με 500 ml/γλάστρα.

Τοποθετήθηκαν 11 lit ανά επέμβαση: 27,5 ml → 50 ppm Φ.Ε., 275 ml → 500 ppm Φ.Ε., 55 ml → 50 ppm ΚΛ., 550 ml → 500 ppm ΚΛ., Control → H₂O

Το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε ήταν αυτό των πλήρως τυχαιοποιημένων ομάδων με 7 φυτά ανά υποκείμενο και επέμβαση για την αξιολόγηση των επιδράσεων των κύριων παραγόντων (είδος υποκειμένου, συγκεντρώσεις).

Τα composts που χρησιμοποιήθηκαν παρασκευάστηκαν στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου Υποστρωμάτων, με αερόβια βιοσταθεροποίηση των οργανικών υλικών με τη μέθοδο του στατικού σωρού. (Manios *et al.*, 1985, 1989).

Αξιοποιήθηκαν τα composts που προέρχονται από την αερόβια βιολογική αποδόμηση πρώτων υλών που βρίσκονται σε αφθονία στην Κρήτη (φύλλα ελιάς, κληματίδες αμπέλου) και που αποτελούν υλικά με πολύ καλές ιδιότητες για τη γεωργική πρακτική.

Αξιολόγηση:

α. Αύξηση φυτών (υπέργειο – ριζικού τμήματος).

β. Περιεκτικότητα φυτικών ιστών σε θρεπτικά στοιχεία (φύλλα-βλαστοί- ρίζες).

N P K Ca Mg Fe Mn Zn Cu

γ. Περιεκτικότητα εδάφους σε H.S. και θρεπτικά στοιχεία. Ανάλυση και εκτίμηση σε ppm

Πείραμα 2^ο

Επιδράσεις χουμικών παραγόντων σε υποκείμενα αμπέλου σε συνθήκες χλώρωσης στο έδαφος.

Για την εκτέλεση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν ενός έτους φυτά αμπέλου από υποκείμενα 110 R (Berlandieri x Rupestris Martin) και 140 Ruggery (Berlandieri x Rupestris du Lôt). Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε γλάστρες οι οποίες ήταν τοποθετημένες σε ανοικτό χώρο. Τα φυτά τοποθετήθηκαν κατά μέγεθος σε 4 σειρές από 8 φυτά ανά υποκείμενο και επέμβαση. 32 γλάστρες 110 Richter, 32 γλάστρες 140 Ru.

Η σύσταση του εδάφους που χρησιμοποιήθηκε ήταν άμμος 68%, άργιλος 7%, ιλύς 25% και χαρακτηρίζεται ως αμμοπηλώδες (SL). Το CaCO₃ ήταν 33,68% και το ενεργό Ca 9,87%. Οι γλάστρες τοποθετήθηκαν σε ανοικτό χώρο του αγροκτήματος. Η άρδευση γινόταν με σταγόνες. Τα υποκείμενα λιπαίνονταν με Polyfeed 50ml/φυτό σ' όλα τα φυτά. 0,5 Polyfeed ανά lit (100ml/γλάστρα).

Οι επεμβάσεις που έγιναν είναι οι εξής:

α. Control

β. Χουμικά οξέα Φ.Ε. α' επίπεδο Διάλυμα 100 ppm

γ. Χουμικά οξέα Φ.Ε. β' επίπεδο Διάλυμα 500 ppm

δ. Χουμικά οξέα Φ.Ε. γ' επίπεδο Διάλυμα 1000 ppm

Οι επεμβάσεις γίνονταν με 200ml/γλάστρα αρχικά και στη συνέχεια με 500ml/γλάστρα σε 10mM HCO₃⁻. Χρησιμοποιήθηκαν 8 lt ανά επέμβαση: 40 ml

Φ.Ε.→ 100 ppm, 200 ml Φ.Ε.→ 500 ppm, 400 ml Φ.Ε.→ 1000 ppm Συνολικά 32 lit
10 mM HCO₃⁻

Πειραματικό σχέδιο πλήρως τυχαιοποιημένων ομάδων με 8 φυτά ανά υποκείμενο και επέμβαση εφαρμόστηκε για την αξιολόγηση των επιδράσεων των χουμικών παραγόντων (είδος υποκειμένου, συγκεντρώσεις κτλ).

Οι χουμικοί παράγοντες προήλθαν από ώριμο compost φύλλων ελιάς (Φ.Ε.) και κληματίδων αμπέλου (ΚΛ.), με 0,2N NaOH σε αναλογία 1:10. Έγινε απομόνωση των χουμικών οξέων. Τα χουμικά οξέα κατακρημνίστηκαν με όξινο pH 2,0 διαχωρίστηκαν με φυγοκέντρηση, πλύθηκαν με 0,1N H₂SO₄, καθαρίστηκαν και λιοτριβήθηκαν. Οι χουμικοί παράγοντες χρησιμοποιήθηκαν διαλυμένοι σε κατάλληλες δόσεις προστέθηκαν σε γλάστρες με σκοπό να επιτευχθούν τα κατάλληλα επίπεδα χουμικών παραγόντων (ppm) στο έδαφος (mg χ.π./1000g ξηρού εδάφους).

Κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης, αποτιμήθηκε η αύξηση των βλαστών σαν μήκος βλαστών, αριθμός πλάγιων βλαστών και μέγεθος φύλλων. Η χλωροφύλλη στα φύλλα προσδιορίστηκε σύμφωνα με τον Άρνον (1949). Στο τέλος του κύκλου ανάπτυξης των βλαστών και των ριζών μετρήθηκε το ξηρό βάρος. Τα φύλλα, οι μίσχοι και οι ρίζες συγκεντρώθηκαν, πλύθηκαν, ξηράνθηκαν στους 55° C, λιοτριβήθηκαν και αποθηκεύθηκαν για ανάλυση. Η ολική περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες υπολογίστηκε με τη μέθοδο της ανθρόνης, Ο Ρ με τη μέθοδο του σπεκτοφωτόμετρου, το Κ από την εκπομπή φλόγας του σπεκτοφωτόμετρου και η περιεκτικότητα σε άλλα ανόργανα στοιχεία μετρήθηκε χρησιμοποιώντας το σπεκτοφωτόμετρο, την ατομική απορρόφηση κ.α. Έγιναν μετρήσεις Fe N, P, K, Mg, Ca, Cu, Zn, Mn (ρίζα-βλαστός-φύλλα), Fe στις πρωτεΐνες (Cu, Zn, Mn), έκφραση SOD, περιεκτικότητα εδάφους σε χουμικούς παράγοντες και θρεπτικά στοιχεία.

Οι Garcia Mina et al. (1995) σε πείραμα για την επίδραση διαφόρων μορφών Fe και χουμικών συμπλόκων που προάγουν την διαθεσιμότητα του Fe κάτω από δυσμενείς εδαφικές συνθήκες σε σιτηρά διαπιστώθηκαν ότι τα διάφορα χουμικά σύμπλοκα οδήγησαν σε αύξηση του ξηρού βάρους του βλαστού ενώ δεν

διαπιστώθηκαν διαφορές στην περιεκτικότητα του φυτού σε νερό και στο πηλίκιο (σχέση) βλαστός/ρίζα. Οι συνδυασμοί διαφόρων μορφών σιδήρου και χουμικών συμπλόκων παρήγαγαν μια σημαντική αύξηση της αφομοίωσης του Fe. Όλες οι επεμβάσεις οδήγησαν σε αυξήσεις στην αφομοίωση του Cu ενώ δεν παρατηρήθηκε σημαντική άνοδος στο Mn. Διάφοροι συνδυασμοί υποστρωμάτων και μορφών Fe προκάλεσαν μια αύξηση στο N, P, K, Ca, Mg που περιέχονται στο βλαστό.

Έχει αναφερθεί ότι οι χουμικές ουσίες μπορούν να επηρεάσουν το μεταβολισμό του φυτού (Vaughan and Malcolm, 1985). Οι επιδράσεις είναι πολλαπλές και σύμπλοκες και εξαρτώνται σε μοριακά μεγέθη και λειτουργικές ομάδες των χουμικών μορίων (Mato et al, 1972; Piccolo *et al.*, 1992). Τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στην εργασία αυτή δείχνουν ότι τα εδαφικά χουμικά μόρια είναι ικανά να επηρεάσουν την δραστηριότητα της οξειδοαναγωγής που είναι παρούσα στην επιφάνεια των ριζών της βρώμης. Ωστόσο, τα χαμηλού μοριακού βάρους και υψηλού μοριακού βάρους χουμικά κλάσματα που χρησιμοποιήθηκαν έδειξαν διαφορετικές επιδράσεις σε σχέση με τις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις που αναλύθηκαν.

Οι Pinton et al (1995) βρήκαν πως τα εμπορικά χουμικά οξέα που δοκιμάστηκαν στη μελέτη τους έδειξαν μεγαλύτερη επίδραση στην αύξηση των ριζών από αυτή των βλαστών, η οποία ήταν σε συμφωνία με μελέτες που χρησιμοποιούσαν φυσικές χουμικές ουσίες (N).

Οι Chen και Aviad (1990) έδειξαν ότι οι φυσικές χουμικές και φουλβικές ενώσεις μπορούν να διεγείρουν την ανάπτυξη του βλαστού σε πολλά φυτά όταν εφαρμόστηκαν σε θρεπτικά διαλύματα και συγκεντρώσεις που ποίκιλαν από 25-300mg/l. Ο Sladky (1959) πέτυχε τη διεγερση της αύξησης της ρίζας σχετικά με το μάρτυρα (θρεπτικό διάλυμα) με εφαρμογή χουμικών οξέων σε συγκέντρωση των 50 mg/l. Ο Linehan (1976) βρήκε ότι η άριστη συγκέντρωση των φυσικών φουλβικών οξέων για να αποκοπεί η επιμήκυνση των φυτών της ντομάτας ήταν 25mg/l. Και στις δύο περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις της φυσικής χουμικής ουσίας ήταν της ίδιας τάξεως μεγέθους όπως αυτές για τα εμπορικά χουμικά οξέα που χρησιμοποιήθηκαν σ' αυτή τη μελέτη. Τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν δείχνουν ότι τα μέγιστα ουσιαστικά αποτελέσματα στην αύξηση επιτεύχθηκαν με τη συγκέντρωση των 20mg/l για CP-A και με τη συγκέντρωση των 50mg/l για CP-B.

Οι Tan και Noramornbodi (1979) αναφέρουν ότι σε φυτά καλαμποκιού χρησιμοποιήθηκε το θρεπτικό διάλυμα Hoogland στο οποίο προστέθηκαν πέντε

διαφορετικές δόσεις χουμικών οξέων από 0-3200 ppm, σε pH 7. Στις συνθήκες αυτές διαπιστώθηκε ότι γενικά το χουμικό οξύ είχε ευνοϊκή επίδραση στην αύξηση των βλαστών και της ρίζας του καλαμποκιού. Η παραγόμενη ξηρά ουσία του καλαμποκιού στις ρίζες διηγέρθει από τα χουμικά οξέα στην επέμβαση 640 ppm. Η πρόσληψη θρεπτικών έδειξε ένα αριθμό διαφορών ως αποτέλεσμα των επεμβάσεων με χουμικά οξέα. Μέτριες εφαρμογές με χουμικά κατέληξαν σε σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας N στους βλαστούς, ενώ μεγάλες ποσότητες χουμικών είχαν τάση να ελαττώσουν τη συγκέντρωση του N στους βλαστούς του καλαμποκιού. Ως αποτέλεσμα των επεμβάσεων χουμικών οξέων οι συγκεντρώσεις του P στους βλαστούς ελαττώθηκαν, αλλά οι διαφορές στην περιεκτικότητα σε K δεν ήταν στατιστικά σημαντικές μεταξύ των επεμβάσεων. Ωστόσο η περιεκτικότητα σε Zn έδειξε μια τάση αύξησης στις αυξανόμενες δόσεις των χουμικών.

Οι Μυλωνάς, και Mccants (1980) χρησιμοποίησαν οργανική ουσία που είχαν εξάγει από το έδαφος και από ένα εμπορικό χουμικό σκεύασμα το Aquahumus και μελέτησαν την επίδραση που είχαν τα εκχυλισθέντα χουμικά οξέα σε σπορόφυτα καπνού. Διαπίστωσαν ότι αυξήθηκε η ολική εναλλακτική ικανότητα και στα δύο (χουμικά και φουλβικά) οξέα. Φάνηκε επίσης ότι ανεξάρτητα από την πηγή προέλευσης τόσο τα χουμικά όσο και τα φουλβικά αύξησαν τον αριθμό και το μήκος των ριζών στις χαμηλές συγκεντρώσεις, ενώ στις υψηλές συγκεντρώσεις τα χουμικά παρεμπόδισαν το μήκος και τον αριθμό των ριζών, αλλά και τα φουλβικά δεν είχαν επίδραση. Τα αποτελέσματα συνηγορούν στην ερμηνεία ότι τα κλάσματα που χρησιμοποιηθείσας ουσίας χουμικό και φουλβικό οξύ επηρεάζει την αύξηση της ρίζας με διαφορετικό τρόπο απ' ότι η πηγή των θρεπτικών.

Οι Fabrizio *et al.* (1998), μελέτησαν την επίδραση δύο διαφορετικών εμπορικών σκευασμάτων στην αύξηση και ανόργανη θρέψη της τομάτας (*Lycopersicon esculentum*) σε υδροπονική καλλιέργεια και σε δόσεις 20 και 50mg L⁻¹. Και τα δύο χουμικά που δοκιμάστηκαν διήγησαν την αύξηση των φυτών. Το CP-A στη δόση των 20 mg/L προκάλεσε την αύξηση των φυτών της τομάτας σε σχέση με τον μάρτυρα (αύξηση του νωπού και του ξηρού βάρους). Σε αντίθεση το CP-B έδειξε μια θετική επίδραση και στα δύο, βλαστούς και ρίζες ειδικά στα 50mg/L. Τα συνολικά ιόντα που προσλήφθηκαν από τα φυτά επηρεάστηκαν από τα δύο σκευάσματα. Ιδιαίτερος, το CP-A έδειξε μια αύξηση στην πρόσληψη του N, P, Fe και Cu ενώ αντίθετα το CP-B έδειξε θετικές επιδράσεις για την πρόσληψη N, P, Fe. Η αλλαγή στην περιεκτικότητα Fe ήταν το πλέον σοβαρό αποτέλεσμα στην ανόργανη

θρέψη. Η αύξηση στη συγκέντρωση σιδήρου ειδικά στις ρίζες εντάθηκε σε σχέση με το μάρτυρα για τις επεμβάσεις των 20 και 50 mg/L. Με βάση τα τρέχοντα συνήθη πειράματα και από βιβλιογραφικές αναφορές η αναγωγή του τρισθενούς σε δισθενή Fe (Fe^{3+} Fe^{2+}) από χουμικά οξέα θεωρείται ως δυνατότητα ερμηνείας μιας μεγαλύτερης διαθεσιμότητας Fe για τα φυτά.

Σύμφωνα με τους Chen *et al.*, (1977) το πηλίκο των απορροφήσεων των διαλυμένων υδατικών χουμικών και φουλβικών στα 465 και 665nm (E4/E6) χρησιμοποιείται ευρέως από τους εδαφολόγους για το χαρακτηρισμό των υλικών ενώ υπάρχει η άποψη ότι το πηλίκο E4/E6 σχετίζεται με το βαθμό συγκέντρωσης των αρωματικών ενώσεων του άνθρακα. Για την περιεκτικότητα σε C και το μοριακό βάρος των χουμικών ουσιών λίγες σοβαρές πειραματικές αποδείξεις διατίθενται στη βιβλιογραφία για να επιβεβαιώσουν αυτήν την υπόθεση. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας δείχνουν ότι το πηλίκο E4/E6 των χουμικών και φουλβικών οξέων α) επηρεάζεται κυρίως από το μέγεθος του μορίου (MB). β) επηρεάζεται από το pH γ) συσχετίζεται με τη συγκέντρωση ελευθέρων ριζών που περιέχουν O, C και CO₂ και ολική οξύτητα σε τόση έκταση όσο και αυτές οι παράμετροι αποτελούν επίσης ρίζες του μεγέθους του μορίου ή μοριακού βάρους δ) προφανώς όχι άμεσα σχετίζονται με τη σχετική συγκέντρωση των συμπυκνωμένων αρωματικών δακτυλίων ε) είναι ανεξάρτητη των συγκεντρώσεων σε χουμικά και φουλβικά οξέα τουλάχιστον στην τάξη των 100-500ppm. Σε συμφωνία με το Κόνοβα (1966), το πηλίκο E4/E6 για τα χουμικά και φουλβικά οξέα θα έπρεπε να προσδιορίζονται με pH 7 και 8. Αυτό μπορεί να γίνει καλύτερα με διάλυση του χουμικού υλικού σε 0,05 N NaHCO₃ στις συγκεντρώσεις των 200-400ppm.

Οι Akyuz M. *et al.*, διαπίστωσαν ότι διαφορετικοί τρόποι χλωρής λίπανσης σε συνδυασμό με ασβέστιο επέδρασαν στο ύψος της παραγωγής ανά πρέμνο καθώς και τη συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών. Σύμφωνα με τον Brinton *et al.*, (1996) δοκιμάστηκαν διαφορετικά υδατικά εκχυλίσματα από compost σε σχέση με την ανάπτυξη και τη χρήση για τον έλεγχο ορισμένων παθογόνων μυκήτων όπως είναι το οίδιο του αμπέλου, και του περονόσπορου της πατάτας. Το υδατικό εκχύλισμα παρήχθη από διάφορα γνωστών ιδιοτήτων και ηλικίας compost και εφαρμόστηκε αμέσως στα φυτά με μηχανήματα που ψεκάζουν με συμβατικούς τρόπους πίεσης με στόχο να παρεμποδίσουν την αύξηση των μυκήτων στην επιφάνεια των φύλλων και των μίσχων του φυτού. Ο τρόπος δράσης αυτών των εκχυλισμάτων θεωρείται ότι εξαρτάται κατά μεγάλο μέρος από την δραστηριότητα

του μικροβιακού πληθυσμού. Περιγράφεται μια προσέγγιση τεσσάρων βημάτων για παραγωγή compost. Στάδιο προετοιμασίας, εκχύλιση, διήθηση και επαγωγή. Οι παράγοντες κλειδιά που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα ήταν η ηλικία του compost και η φύση των συστατικών της πηγής προέλευσης. Συγκρίνοντας το compost με στερεά compost, το compost φάνηκε να δίδει άμεσα αλλά βραχυπρόθεσμα έλεγχο των επιφανειών που μεταδίδουν παθογόνα, ενώ τα στερεά compost που εφαρμόστηκαν στο έδαφος δρουν περισσότερο αργά σε μια μακροπρόθεσμη περίοδο.

Οι Λουλάκης και Πέτσας (1995) ερεύνησαν την επίδραση των χουμικών ουσιών που εξήχθησαν από ώριμο compost που προήλθε από κληματίδες σουλτανίνας στη βλάστηση και αύξηση σποροφύτων τομάτας. Οι χουμικές ουσίες είχαν ευνοϊκή επίδραση στην αύξηση του βλαστού και της ρίζας στις συγκεντρώσεις από 100-300 ppm, αλλά ήταν παρεμποδιστική σε υψηλές συγκεντρώσεις 1000-2000 ppm. Η αύξηση του βλαστού προωθήθηκε περισσότερο από την αύξηση της ρίζας στις χουμικές ουσίες.

Οι Chen *et al.*, (1994) οι ουσίες που προέρχονται από γρήγορη αποσύνθεση οργανικής ουσίας προοπτικές και επιδράσεις στην αύξηση του φυτού. Γίνεται σύγκριση μεταξύ compost και χουμικών ουσιών του εδάφους. Μελέτες πάνω στις επιδράσεις των χουμικών ουσιών στην αύξηση του φυτού υπό συνθήκες επαρκούς ανόργανης θρέψης δείχνουν σταθερά διεγερτικές επιδράσεις στη βιομάζα του φυτού. Η διέγερση της αύξησης τη ρίζας ήταν συνήθως περισσότερο φανερή από τη διέγερση της αύξησης του βλαστού. Διπλή αύξηση στο μήκος των ριζών και στη διέγερση της ανάπτυξης των δευτέρας τάξεως ριζών παρατηρήθηκε για τις χουμικές ουσίες σε θρεπτικά διαλύματα. Τυπικές καμπύλες αύξησης δείχνουν βελτιωμένη αύξηση με άνοδο των συγκεντρώσεων των χουμικών ουσιών στα διαλύματα που ακολουθήθηκε από ελάττωση στην αύξηση σε υψηλή συγκέντρωση. Οι βλαστοί γενικά έδειξαν παρόμοια πορεία όσον αφορά την επίδραση των χουμικών ουσιών στην αύξηση. Ένα μικρό κλάσμα από χουμικές ουσίες υψηλότερου μοριακού βάρους μπορεί να ληφθεί από τα φυτά. Αυτά τα συστατικά θεωρούνται ότι αυξάνουν τη διαπερατότητα της μεμβράνης του κυττάρου και εμφανίζουν μια φαινομενική ορμονική δραστηριότητα. Σε εδάφη, προσθήκη compost διήγηρε την αύξηση πέραν του ότι εφοδιάστηκαν από ανόργανα θρεπτικά πιθανόν εξαιτίας των επιδράσεων των χουμικών ουσιών. Προσθήκη compost από μίχτα μέσα κατέληξαν σε σημαντική αύξηση της παραγωγής η οποία αποδόθηκε στις χουμικές ουσίες. Υδατικά

εκχυλίσματα επιτεύχθηκαν από compost που εμφάνισαν ορμονική αυξητική δραστηριότητα. Αυτή η δραστηριότητα χαρακτηρίστηκε από την επίδρασή της στη ριζοβολία των μοσχευμάτων φασολιού (*Vigna radiata*). Πειράματα που εκτελέστηκαν στην αύξηση του πεπονιού σε θρεπτικά διαλύματα που είχαν παρασκευαστεί από υδατικά εκχυλίσματα από διαχωρισμένες κοπριές και από compost λάσπης σταφυλιών έχουν δείξει μια άνοδο της αύξησης του φυτού παρουσία διαλυτής οργανικής ουσίας που προέρχεται από τα compost. Η άριστη συγκέντρωση χουμικών ουσιών για όλες τις παραμέτρους της αύξησης (βάρος ρίζας και βλαστού, συγκέντρωση χλωροφύλλης στη φυλλική επιφάνεια, βάρος φυτού) ήταν της τάξεως των 35-40 mg/L το οποίο τοποθετεί η βιβλιογραφική αναφορά για εδάφη που περιέχονται από χουμικές ουσίες (25-150 mg/L). Η συγκέντρωση για την άριστη ανάπτυξη ανταποκρίθηκε καλά με αυτήν που επιτεύχθηκε σε στραγγίζοντα δοχεία στα οποία μεγάλωσαν τομάτες και πεπόνια. Η υπόθεση ότι χουμικές ουσίες που προέρχονται από compost που περιέχουν αυξητικές φυτικές ορμόνες δοκιμάστηκε και συζητήθηκε σε αντίθεση με την υπόθεση ότι η ανύψωση της αύξησης του φυτού προκύπτει από αυξημένη απορρόφηση θρεπτικών που οφείλεται στη μετατροπή τους σε χηλικές ενώσεις από τις χουμικές ουσίες.

Οι Fernandez – Escobar *et al.*, μελέτησαν την εφαρμογή διαφυλλικής λίπανσης στην ελιά με χουμικές ουσίες που εξήχθησαν από λεοναρδίτη σε πειράματα εντός θερμοκηπίου χρησιμοποιώντας μοσχεύματα από νεαρά φυτά ελιάς, μερικά από τα οποία αρδεύτηκαν με ένα θρεπτικό διάλυμα και επίσης σε πειράματα αγρού επιλέγοντας ώριμα δένδρα ελιάς σε αύξηση σε ξηρές περιοχές ή υπό άρδευση. Η εφαρμογή από το φύλλωμα των εκχυλισμάτων λεοναρδίτη σε νεαρά δένδρα ελιάς διήγηρε την αύξηση του βλαστού όταν αυτά αυξάνονταν χωρίς προσθήκη ανόργανων στοιχείων στο νερό άρδευσης αλλά δεν προήγαγε την αύξηση όταν εφαρμόστηκε σε αρδευόμενα φυτά με ένα θρεπτικό διάλυμα αν και η αύξηση των λιπανθέντων φυτών ήταν μεγαλύτερη από ότι αυτή των μη λιπανθέντων. Σε συνθήκες πεδίου η φυλλική εφαρμογή των εκχυλισμάτων λεοναρδίτη διείγηρε την αύξηση του βλαστού και προήγαγε την συσσώρευση του K, B, Mg, Ca και Fe στα φύλλα. Ωστόσο, όταν οι τιμές του N και του K στο φύλλο ήταν κάτω από το κατώφλι της επάρκειας, η φυλλική εφαρμογή των χουμικών ουσιών υπήρξε ανενεργή για να προάγει την συγκέντρωση αυτών των θρεπτικών στα φύλλα.

Η φυλλική εφαρμογή χουμικών ουσιών εμφανώς διήγειρε την βλαστική αύξηση των δένδρων. Τα αποτελέσματα είναι σε παραδοχή (σε συμφωνία) εκείνα που

αναφέρθηκαν για ένα ευρύ αριθμό φυτικών ειδών (Chen and Aviad, 1990). Η παραγωγή της αύξησης ήταν ανεξάρτητη από το σύστημα καλλιέργειας, επειδή η επίδραση παρατηρήθηκε και στα δύο –αρδευόμενα και μη αρδευόμενα- δένδρα ελιάς. Εντούτοις, δεν παρατηρήθηκε επίδραση στην παραγωγή ακόμα και σε πειράματα όπου το μέγεθος του καρπού ή το δέσιμο βελτιώθηκε και σε πειράματα που διεξήχθησαν σε δύο διαδοχικά έτη όταν η βλαστική αύξηση προωθήθηκε. Η διεγερτική επίδραση των χουμικών ουσιών στην αύξηση του φυτού συνεχίστηκε ελάχιστα με την βελτίωση της απορρόφησης των ανόργανων θρεπτικών. Αύξηση της απορρόφησης των μακρο (και μικροστοιχείων) που επηρεάστηκε από χουμικές ουσίες έχει αναφερθεί σε ένα ευρύ αριθμό δημοσιεύσεων και σε διαφορετικά φυτικά είδη (Rauthan and Schnitzer, 1981; Chen and Aviad, 1990; Fagberno and Agboole, 1993). Αυτή η επίδραση παρατηρήθηκε όταν οι χουμικές ουσίες εφαρμόστηκαν στο έδαφος και επίσης όταν αναμείχθηκαν σε ένα θρεπτικό διάλυμα (Lee and Bartlett, 1976; Vaughan and Malcom, 1985; David *et al.*, 1994) που υπαινίσσονται την ύπαρξη μιας συνεργιστικής επίδρασης των συνδυασμένων εφαρμογών από ανόργανα θρεπτικά και χουμικές ουσίες. Σ' αυτήν τη μελέτη το συνεργιστικό αποτέλεσμα δεν παρατηρήθηκε όταν ένα θρεπτικό διάλυμα το οποίο εφαρμόστηκε στο νερό της άρδευσης συνδυάστηκε με φυλλικές εφαρμογές από εκχυλίσματα λεοναρδίτη σε νεαρά φυτά ελιάς. Αυτή η ασυμφωνία με τα αναφερθέντα αποτελέσματα πρέπει να οφείλεται στο γεγονός ότι το θρεπτικό διάλυμα και τα χουμικά οξέα δεν αναμείχθηκαν καθιστώντας αδύνατο τον σχηματισμό χηλικών ενώσεων και συμπλόκων που άμεσα ή έμμεσα μπορούσαν να επηρεάσουν την απορρόφηση θρεπτικών. Από την άλλη μεριά ψεκασμοί με εκχυλίσματα λεοναρδίτη επηρέασαν σημαντικά τη συγκέντρωση στα φύλλα K, Ca, Mg, B και Fe υπό συνθήκες αγρού δείχνοντας ότι χουμικές ουσίες πρέπει να επηρεάζουν τις τιμές των θρεπτικών στα φύλλα με διαφορετικούς μηχανισμούς από εκείνους του άμεσου σχηματισμού συμπλόκων και χηλικών ενώσεων στο έδαφος. Η φυτοορμόνη ως δραστηριότητα που μπορεί να αποδοθεί στις χουμικές ουσίες (O' Donnell, 1973; Casenave de Sanfilippo *et al.*, 1990).

Θα μπορούσε να σημειωθεί, πέραν τούτων, ότι η συσσώρευση θρεπτικών στα φύλλα που προκλήθηκε από την επέμβαση ήταν προφανείς μόνο όταν η συγκέντρωση θρεπτικών στα φύλλα στα φυτά μάρτυρες ήταν υπεράνω των ορίων του επιπέδου που έχουν γίνει αποδεκτά ως επίπεδα επάρκειας (Beutel *et al.*, 1983), και ότι οι τιμές του K στα φύλλα έμειναν ανεπηρέαστες από τις επεμβάσεις όταν αυτοί ήταν κάτω απ'

αυτό το όριο. Αυτά τα αποτελέσματα φαίνεται να δείχνουν ότι η διαφυλλική εφαρμογή των χουμικών ουσιών δεν επηρεάζει το θρεπτικό καθεστώς των δένδρων ελιάς και επομένως δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αντιστάθμισμα για την έλλειψη θρεπτικών στοιχείων.

4.4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Μέτρηση της χλωροφύλλης

Για τη μέτρηση της πυκνότητας της χλωροφύλλης χρησιμοποιήθηκε ο φορητός μετρητής χλωροφύλλης SPAD-502 (Minolta), που επιτρέπει γρήγορες μετρήσεις, χωρίς καταστροφή του φύλλου και μπορεί να αντικαταστήσει τις παραδοσιακές χρωματομετρικές μεθόδους προσδιορισμού της χλωροφύλλης στα φύλλα της αμπέλου (Bavaresco, 1995).

Η αρχή μέτρησης του οργάνου βασίζεται στη διαφορά της οπτικής πυκνότητας σε δύο μήκη κύματος (650 nm ερυθρό και 940 nm υπέρυθρο). Πηγή φωτισμού είναι 2 LEDs (διοδικές λυχνίες κενού), μία για το ερυθρό και μία για το υπέρυθρο, που είναι τοποθετημένες στην κεφαλή του οργάνου και εκπέμπουν φως σε σειρά όταν αυτή κλείνει. Το φως από τις LEDs φεύγει δια μέσου του παραθύρου εκπομπής (επιφάνειας 6 mm²) και αφού περάσει δια μέσου του φύλλου που βρίσκεται στην κεφαλή μέτρησης, εισέρχεται στο παράθυρο υποδοχής. Ο υποδοχέας μετατρέπει το μεταβιβαζόμενο φως σε ανάλογο ηλεκτρικό σήμα, που στη συνέχεια μετατρέπεται σε αριθμητικό. Το τελευταίο χρησιμοποιείται από ένα μικροϋπολογιστή για τον υπολογισμό των τιμών SPAD (Minolta 1989), από τις οποίες υπολογίζεται η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα.

4.5. Προσδιορισμός ανόργανων στοιχείων στους φυτικούς ιστούς

Ο προσδιορισμός των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων (NO₃-N, P, K, Ca, Mg, Na, Cl, Zn, Cu, Mn και Fe) έγινε στο τέλος σε δείγματα φύλλων, (χωριστά στο έλασμα και στο μίσχο), στελέχους των βλαστών, συμπεριλαμβανομένων και των ελίκων, σκληρού ξύλου του μοσχεύματος του μητρικού φυτού της ρίζας. Επιπλέον, στα φυτά έγινε προσδιορισμός των στοιχείων στο μίσχο και το έλασμα των φύλλων.

Τα φυτικά μέρη πλύθηκαν με άφθονο νερό βρύσης και στη συνέχεια δύο φορές με απιονισμένο νερό και αφού στέγνωσαν επιφανειακά τοποθετήθηκαν σε ειδικό πυριατήριο (FED, WTB Binder) με μηχανικό αερισμό για ξήρανση, στους 70°

C μέχρι σταθερού βάρους. Ακολούθησε άλεσμα με γουδί σε λεπτή σκόνη (30 mesh) και τοποθέτηση των δειγμάτων σε ειδικό πλαστικό δοχείο που έκλεινε αεροστεγώς. (E1-Motaium *et al.*, 1994).

Για τον προσδιορισμό των στοιχείων P, K, Na, Mg, Ca, Mg, Cu και Zn έγινε υγρή καύση 0,5g ξηρού δείγματος (104° C για 24 ώρες) με μίγμα πυκνού νιτρικού, πυκνού θεικού και 60-62% υπερχλωρικού οξέος σε αναλογία 5:1:2 αντίστοιχα (Τσικαλάς 1994). Σε ποτήρι των 100 ml ψηλού τύπου (tall form) που περιείχε το δείγμα, προστέθηκαν 10ml του μείγματος οξέων και τοποθετήθηκε σε πλάκα θέρμανσης, μέσα σε απαγωγό εστία, όπου θερμάνθηκε αρχικά ελαφρά, για να μην σχηματιστεί αφρός, και στη συνέχεια περισσότερο μέχρι που ο όγκος του διαλύματος ελαττώθηκε στα 2 ml περίπου. Ακολούθησε διήθηση με ηθμό Whatman No 40 σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml και συμπλήρωση μέχρι τη χαραγή με απιονισμένο νερό.

Στο αρχικό αυτό διάλυμα, έγιναν οι παρακάτω προσδιορισμοί:

- K και Na, με τη χρήση φλογοφωτόμετρου (Jeanway PEP 7)
- Mg, Ca, Cu, Zn, Mn και Fe, με τη χρήση φασματοφωτόμετρου ατομικής απορρόφησης (Perkin – Elmer 2100)
- P, με τη μέθοδο του φωσφοβαναδομολυβδαινικού αμμωνίου.

Αρχικά παρασκευάστηκε το διάλυμα του φωσφοβαναδομολυβδαινικού αμμωνίου. Στη συνέχεια σε ογκομετρική φιάλη των 50ml μεταφέρθηκαν 10ml stock διαλύματος, προστέθηκαν 10ml αντιδραστηρίου φωσφοβαναδομολυβδαινικού αμμωνίου και ανακατεύθηκαν καλά. Συμπληρώθηκε μέχρι την χαραγή με νερό και ανακατεύθηκαν ξανά. Μετά από ένα διάλειμμα 30 min, μετρήθηκε η απορρόφηση του διαλύματος σε μήκος κύματος 470 nm, με τη χρήση φασματοφωτόμετρου διπλής δέσμης (Hitachi U-2000).

4.6. Εκχύλιση χουμικών παραγόντων

Για την εκχύλιση των παραγόντων ορισμένη ποσότητα compost φύλλων ελιάς πέρασε από κόσκινο 2 mm προκειμένου να απομακρυνθούν τα μεγάλα τεμάχια και να έχουμε μια ομοιομορφία του προς εκχύλιση δείγματος. Στη συνέχεια 100 gr. από κοσκινισμένο compost μεταφέρθηκαν σε κωνική φιάλη όγκου 2 L, ως εκχυλιστικό χρησιμοποιήθηκε διάλυμα $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 0,2 M (NaP). Το διάλυμα εκχύλισης είχε αρχικά pH 10,94. Με χρήση πυκνού διαλύματος H_3PO_4 το pH ρυθμίστηκε στην τιμή 7 προκειμένου η εκχύλιση να έχει πιο ήπια μορφή και να μην αλλοιωθούν οι

διάφορες χημικές ενώσεις που είναι προσκολλημένες στους χουμικούς παράγοντες. Ακολούθησε προσθήκη 1 L του προαναφερθέντος εκχυλιστικού στην κωνική φιάλη που περιείχε το compost (αναλογία compost/εκχυλιστικού 1/10, w/v) και ανάδευση σε περιστροφικό αναδευτήρα για χρονικό διάστημα 20 ωρών.

Η όλη διαδικασία της εκχύλισης έγινε σε περιβάλλον N καθαρότητας 99,999% προκειμένου να αποφευχθούν οι οξειδώσεις των χουμικών παραγόντων. Μετά το τέλος της ανάδευσης η φιάλη αφέθηκε σε κατάσταση ηρεμίας, πάντα σε περιβάλλον N, για να κατακαθίσουν τα στερεά τεμαχίδια του compost. Μετά 30 λεπτά απομακρύνθηκε το υπερκείμενο διάλυμα που περιείχε και τους εκχυλισμένους χουμικούς παράγοντες, για να υποστεί φυγοκέντρωση στις 4000 rpm για 15 λεπτά προκειμένου να απομακρυνθούν τα μικροτεμαχίδια του compost.

Μετά τον καθαρισμό του υπερκείμενου από τις μικροποσότητες compost ακολούθησε η οξύνησή του με χρήση διαλύματος H_2SO_4 98% μέχρι το pH του να φτάσει στην τιμή 2. Επειδή τα χουμικά οξέα στις χαμηλές τιμές του pH είναι δυσδιάλυτα, μετά από παραμονή της φιάλης σε κατάσταση ηρεμίας για διάστημα 20 ωρών, έχουμε διαχωρισμό του συνολικού εκχυλίσματος σε δύο φάσεις. Η δυσδιάλυτη φάση περιέχει τα χουμικά οξέα, ενώ η διαλυτή φάση περιέχει τα φουλβικά οξέα. Ο διαχωρισμός χουμικών, φουλβικών οξέων έγινε με φυγοκέντρωση του διαλύματος στις 4000 rpm για χρονικό διάστημα 15 λεπτών.

Μετά τη φυγοκέντρωση η υπερκείμενη ποσότητα του εκχυλίσματος (φουλβικά οξέα) μεταφέρθηκε σε ογκομετρική φιάλη όγκου 1 L και αποθηκεύτηκε σε περιβάλλον N και θερμοκρασία 5° C. Για τον καλύτερο καθαρισμό των χουμικών οξέων ακολούθησε ξέπλυμα του ιζήματος με διάλυμα H_2SO_4 0,01M και επαναφυγοκέντρωση. Το υπερκείμενο που περιείχε υπολείμματα φουλβικών οξέων και άλλα απομακρύνθηκε, ενώ τα χουμικά οξέα διαλύθηκαν σε απιονισμένο νερό και το pH τους ρυθμίστηκε στην τιμή 7 με χρήση διαλύματος NaOH 0,01M προκειμένου να έχουμε καλύτερη διαλυτοποίησή τους. Ακολούθησε μεταφορά των χουμικών οξέων σε ογκομετρική φιάλη και αποθήκευσή τους σε περιβάλλον N και θερμοκρασία 5° C.

4.7. Καθαρισμός χουμικών και φουλβικών οξέων

Για τον καθαρισμό των κλασμάτων των χουμικών και των φουλβικών οξέων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος χρωματογραφίας στηλών PVPP (polyvinylpyrrolidone). Αρχικά δημιουργούμε ένα αιώρημα PVPP με απιονισμένο

νερό και στη συνέχεια κατασκευάζουμε τις στήλες χρωματογραφίας όγκου 40 ml. Για να δεσμευτούν τα χουμικά και τα φουλβικά οξέα από τα μόρια του PVPP ρυθμίζουμε το pH των στηλών στην τιμή 2,4 με χρήση διαλύματος H_2SO_4 0,01 M.

Κάθε στήλη εκλούεται με 80 ml H_2SO_4 0,01 M. Μετά τη μείωση του pH των στηλών ακολουθεί η σταδιακή προσθήκη και διήθηση των κλασμάτων των χουμικών και φουλβικών οξέων. Στην στήλη καθαρισμού των φουλβικών οξέων διηθήθηκαν 210 ml κλάσματος ενώ στη στήλη καθαρισμού των χουμικών οξέων διηθήθηκαν 30 ml κλάσματος. Ακολούθησε η έκπλυση των στηλών με 80 ml H_2SO_4 0,01M για να απομακρυνθούν οι μη χουμικές ουσίες που δεν έχουν δεσμευτεί από το PVPP.

Για την αποδέσμευση και παραλαβή των καθαρών πλέον κλασμάτων των χουμικών και φουλβικών οξέων έγινε έκπλυση κάθε στήλης με 60 ml διαλύματος H_2SO_4 0,2 M.

Στη συνέχεια οι εκλυθείσες ποσότητες χουμικών και φουλβικών οξέων πέρασαν από στήλη Amperlite προκειμένου να απομακρυνθούν οι μεγάλες ποσότητες ιόντων Na^+ , ακολούθησε ρύθμιση του pH των κλασμάτων στην τιμή 7 περίπου προκειμένου να αποφευχθούν διάφορα προβλήματα που δημιουργούνται κατά την επαναδιάλυσή τους.

Μετά τον καθαρισμό των χουμικών και φουλβικών οξέων ακολούθησε περαιτέρω κλασμάτωσή τους σύμφωνα με το μοριακό τους βάρος, ο διαχωρισμός έγινε σε κλάσματα μεγαλύτερα και μικρότερα από 5 kD με χρήση συσκευής υπερδιήθησης (Amicon 8010). Η μεμβράνη που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου YM 5 kD, ενώ στο εσωτερικό της συσκευής εφαρμόστηκε πίεση με χρήση φιάλης N, και συνεχής ανάδευση. Μετά την κλασμάτωση των χουμικών και φουλβικών οξέων ακολούθησε λυοφιλοποίηση τους προκειμένου να παραληφθούν σε στερεά μορφή, ακολούθησε στοιχειακή ανάλυση των κλασμάτων που έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα:

%	HA M.W <5kD	HA M.W >5kD	FA M.W <5kD	FA M.W >5kD
C	8,13	36,69	18,22	18,51
N	0,1	2,59	2,28	1,47
H	1,06	5,16	2,29	2,2
S	13,27	1,65	6,24	2,87

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1. Πείραμα χλώρωσης

Πίνακας 5.1. Επίδραση της χλώρωσης στη ζωηρότητα και στην ευρωστία των υποκειμένων.

Υποκείμενα	Μήκος βλαστού (cm)	Μήκος φύλλων (cm)	Αριθμός μεσο-καρδίων	Νωπό βάρος(g) βλαστού	Νωπό βάρος(g) ρίζας	Ξηρό βάρος(g) βλαστού	Ξηρό βάρος(g) ρίζας
110R	47,40a	5,46a	1,93a	8,01	8,13a	2,15a	1,77a
140Ru	50,89a	5,89a	2,68b ¹	9,90	8,18a	2,81a	1,69a

¹ Μέσοι όροι με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά κατά Tukey για $p > 0.05$

Από τον Πίνακα 5.1. προκύπτει ότι διαφορές μεταξύ των υποκειμένων εμφανίζονται μόνο όσον αφορά τον αριθμό των μεσοκαρδίων, ενώ για τις άλλες παραμέτρους που μετρήθηκαν δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. (Επισημαίνεται ωστόσο ότι για το ξηρό βάρος του βλαστού η διαφορά μεταξύ των υποκειμένων προσεγγίζει το επίπεδο πιθανότητας 10%). Είναι γνωστό ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ των υποκειμένων όσον αφορά διάφορες παραμέτρους βλάστησης. Το μέσο μήκος των βλαστών, που αποτελεί μια ένδειξη της ζωηρότητας του υποκειμένου, δεν διαφέρει σημαντικά. Επομένως τα δύο υποκείμενα θα πρέπει να θεωρούνται ως ισοδύναμα όσον αφορά τη ζωηρότητα. Πράγματι είναι γνωστό ότι τόσο το 110R όσο και το 140Ru ανήκουν στην κατηγορία των ζωηρών υποκειμένων. Η μη ύπαρξη διαφορών στο μήκος του φύλλου ήταν αναμενόμενη, διότι ως γνωστό και τα δύο μελετηθέντα υποκείμενα έχουν τους ίδιους γεννήτορες (*Berlandieri* x *Rupestris*). Ο αριθμός και το μήκος των μεσοκαρδίων αποτελούν κατ' αρχή χαρακτήρα του υποκειμένου. Πράγματι έχει διαπιστωθεί ότι το υποκείμενο Fercal σχηματίζει 7,5 φορές περισσότερους μεσοκαρδίους σε σχέση με το 41B για την ίδια ζωηρότητα βλαστού (Νικολαντωνάκης 1980). Έχει διαπιστωθεί εξάλλου ότι σε περιπτώσεις βαριάς χλώρωσης (Pouget, 1965) ο κύριος βλαστός σχηματίζει πολλούς

μεσοκαρδίου, δεν φαίνεται όμως στην περίπτωση του πειράματός μας, οι παρατηρηθείσες διαφορές να οφείλονται στο ίδιο αίτιο επειδή δεν εμφανίστηκαν σοβαρά συμπτώματα χλώρωσης.

Το νωπό βάρος των βλαστών καθώς και της ρίζας, που αποτελεί μια έκφραση της ευρωστίας των πρέμων, δεν διαφέρει μεταξύ των υποκειμένων, άρα λοιπόν θα μπορούσε να θεωρηθεί, ότι και τα δύο μελετηθέντα υποκείμενα είναι εξίσου ζωηρά και εύρωστα. Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει και από τα αποτελέσματα που αναφέρονται στο ξηρό βάρος βλαστού και ρίζας.

Πίνακας 5.2. Επίδραση της συγκέντρωσης του εκχυλίσματος σε ορισμένες σχετικές παραμέτρους κάτω από συνθήκες χλώρωσης.

Επεμβάσεις Συγκεντρώσεις (ppm)	Μήκος βλαστού (cm)	Μήκος φύλλων (cm)	Αριθμός μεσο- καρδίων	Νωπό βάρος(g) βλαστού	Νωπό βάρος(g) ρίζας	Ξηρό βάρος(g) βλαστού	Ξηρό βάρος(g) ρίζας
0	45,45	5,45	2,25	8,20	7,07a	2,28a	1,47a
100	51,99	5,74	2,81	9,01	8,82a	2,53a	2,02a
500	51,18	6,03	1,62	9,53	8,30a	2,60a	1,70a
1000	48,09	5,49	2,56	9,03	8,03a	2,51a	1,73a

Στις συνθήκες του πειράματός μας οι διαφορετικές συγκεντρώσεις δεν φαίνεται να επηρέασαν την ζωηρότητα ή την ευρωστία του φυτού. Πράγματι, δεν διαπιστώθηκαν διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων, όσον αφορά το μήκος και το βάρος του βλαστού ή το βάρος της ρίζας. Θα μπορούσε να συμπεράνει κανείς ότι οι συνθήκες του πειράματος δεν ήσαν οριακές για την εμφάνιση χλώρωσης, ούτε όσον αφορά το υπόστρωμα ούτε όσον αφορά τις χρησιμοποιηθείσες συγκεντρώσεις.

Όσον αφορά τον αριθμό των μεσοκαρδίων στη συγκέντρωση των 500 ppm εμφανίζει μια πτώση, όχι στατιστικά σημαντική, της οποίας τα αίτια είναι μάλλον τυχαία. Συμπερασματικά θα μπορούσε να λεχθεί ότι οι χρησιμοποιηθείσες συγκεντρώσεις και συνθήκες ζύμωσης, τα φύλλα ελιάς δεν επηρέασαν σημαντικά την εμφάνιση συμπτωμάτων χλώρωσης στα φυτά.

Χλωροφύλλη

Πίνακας 5.3. Περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη στα φύλλα των υποκειμένων 110R και 140Ru σε συνθήκες χλώρωσης.

Υποκείμενα	Chl a	Chl b	Chl a+b	Chl a/b
110R	4231,9a	1997,6a	6209,6a	2,2a
140Ru	5650,2b ¹	3039,3b	8689,5b	1,8b

¹ Μέσοι όροι με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά κατά Tukey για $p > 0.05$

Από τον πίνακα προκύπτουν σαφέστατες διαφορές όσον αφορά την περιεκτικότητα του φύλλου σε χλωροφύλλη μεταξύ των υποκειμένων (chl a, chl b-chl a+b). Το φύλλο στο υποκείμενο 110R περιέχει μικρότερη ποσότητα χλωροφύλλης ενώ ο λόγος chl a/chl b είναι ψηλότερος στο 110R. Οι ποσότητες λοιπόν συνολική chl (chl a + chl b) και ο λόγος chl a/chl b έχουν αντίστροφη σχέση μεταξύ των υποκειμένων. Η συνολική χλωροφύλλη (chl a+chl b) έχει μεγαλύτερη τιμή στο υποκείμενο 140Ru, ενώ ο λόγος chl a/chl b είναι μεγαλύτερος στο 110R. Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνει τις παρατηρήσεις άλλων ερευνητών (Terry and Zayed, 1995) σύμφωνα με τους οποίους υπάρχει αντίστροφη σχέση μεταξύ συνολικής chl και αναλογίας chl a/chl b.

Πίνακας 5.4. Επίδραση της συγκέντρωσης του εκχυλίσματος στην περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη των φύλλων, σε συνθήκες χλώρωσης.

Συγκεντρώσεις	Chl a	Chl b	Chl a+b	Chl a/b
0	5196,4a	2619,4a	7815,9a	2,0a
100	4845,2a	2616,4a	7461,7a	1,9a
500	4546,7a	2210,4a	6757,2a	2,1a
1000	5175,7a	2587,5a	7763,2a	2,1a

Από τον Πίνακα προκύπτει ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συγκεντρώσεων (εκτός από το λόγο a/b). Ωστόσο, στη συγκέντρωση των

500 ppm οι τιμές της χλωροφύλλης έχουν την τάση να είναι μικρότερες σε σχέση με τις υπόλοιπες συγκεντρώσεις.

5.2. Πείραμα υποκειμένων

Πίνακας 5.5. Παράμετροι βλάστησης των Υποκειμένων 41B, 140Ru και 110R.

Υποκείμενα	Μήκος βλαστού (cm)	Μήκος φύλλου (cm)	Αριθμός Μεσοκαρδίων
41B	36,2a	5,7b ¹	2,3a
140Ru	63,2b	5,6b	5,2c
110R	55,6b	4,9a	4,0b

¹ Μέσοι όροι με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά κατά Tukey για $p > 0.05$

Διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των υποκειμένων για τις παραμέτρους που φαίνονται στον Πίνακα. Το 41B δίδει μικρότερο μήκος βλαστού από τα άλλα δύο υποκείμενα τα οποία είναι ισοδύναμα. Είναι γνωστό ότι στην αμπελουργική πράξη τα υποκείμενα 140R και 110R χαρακτηρίζονται ως ζωηρά ενώ το 41B θεωρείται μέσης ζωηρότητας. Το μήκος του βλαστού που αποτελεί μια έκφραση της ζωηρότητας επαληθεύει την προηγούμενη παρατήρηση.

Παρόμοια είναι και τα αποτελέσματα για το μήκος του φύλλου. Το φύλλο του 110R έχει μικρότερο μήκος από το φύλλο των δύο άλλων υποκειμένων πράγμα που είναι γνωστό από τις αμπελογραφικές παρατηρήσεις. Ο αριθμός των μεσοκαρδίων που αποτελεί χαρακτήρα του υποκειμένου διαφέρει σημαντικά. Τα 41B δίδει τον μικρότερο αριθμό μεσοκαρδίων ενώ τον μεγαλύτερο αριθμό μεσοκαρδίων σχηματίζει το 140Ru, το 110R δίδει ενδιάμεση τιμή. Δηλαδή ισχύει η σχέση $140Ru > 110R > 41B$. Όσον αφορά τις μελετηθείσες παραμέτρους δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των υποκειμένων.

Πίνακας 5.6. Επίδραση των υποστρώματων στη ζωηρότητα των υποκειμένων.
Επίδραση συγκέντρωσης υποστρώματος στη βλάστηση.

Υποστρώματα	Μήκος βλαστού (cm)	Μήκος φύλλου (cm)	Αριθμός Μεσοκαρδίων
0	55,8a	5,6a	4,2a
50 ΦΕ	51,6a	5,2a	3,8a
500 ΦΕ	51,5a	5,7a	2,9a
50 ΚΛ	47,8a	5,3a	4,6a
500 ΚΛ	51,6a	5,3a	3,6a

Από τον πίνακα προκύπτει ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά το μήκος βλαστού τόσο μεταξύ των υποκειμένων όσο και μεταξύ των δόσεων. Το ίδιο ισχύει για το μήκος του φύλλου καθώς και για τον αριθμό των μεσοκαρδίων. Επιβεβαιώνεται λοιπόν με έμμεσο τρόπο ότι οι παραπάνω μεταβλητές αποτελούν περισσότερο χαρακτηριστικές του Υποκειμένου και ότι επηρεάζονται λιγότερο από τους χειρισμούς που σχετίζονται με τη θρέψη του φυτού.

Πίνακας 5.7. Παράμετροι της ευρωστίας των Υποκειμένων 41B, 140Ru, 110R.

Υποκείμενα	NBB	ΞBB	NBP	BP	NB B+P	ΞB B+P
41 B	9,9a	3,2a	16,9a	3,7a	26,9a	6,9a
140 Ru	17,0b ¹	5,1b	17,3a	4,4b	34,4b	9,5b
110 R	14,9c	4,4c	17,2a	4,3b	32,2b	8,7b

¹ Μέσοι όροι με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά κατά Tukey για p>0.05.

Από τον Πίνακα προκύπτουν τα εξής:

Όσον αφορά το NBB το οποίο αποτελεί μια έκφραση της ευρωστίας του φυτού υπάρχει σαφής διαβάθμιση μεταξύ των υποκειμένων. Η σειρά είναι 140Ru>110R>41B. Δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ υποκειμένων και υποστρωμάτων δηλαδή η συμπεριφορά των υποκειμένων είναι η ίδια σε όλες τις κατηγορίες υποστρωμάτων.

- Τα ίδια συμπεράσματα προκύπτουν και για το ξηρό βάρος βλαστού.
- Δεν υπάρχουν διαφορές στο νωπό βάρος ρίζας διαπιστώθηκε όμως αλληλεπίδραση στατιστικά σημαντική μεταξύ υποκειμένων και υποστρωμάτων. Πράγματι, απ' ότι διαπιστώνεται από τη γραφική παράσταση το 41B αντιδρά διαφορετικά από τα δύο άλλα υποκείμενα στη συγκέντρωση του 500 ΦΕ.
- Το ξηρό βάρος ρίζας έχει μικρότερη τιμή στο 41B απ' ότι στα άλλα δύο υποκείμενα τα οποία είναι ισοδύναμα.
- Όπως είναι αναμενόμενο, το συνολικό βάρος του φυτού (βλαστός και ρίζα) που αποτελεί έκφραση της ευρωστίας διαφέρει μεταξύ των υποκειμένων. Το 41B έδωσε και πάλι το ελάχιστο νωπό βάρος ως λιγότερο εύρωστο από τα άλλα δύο υποκείμενα.
- Τα αποτελέσματα όσον αφορά το ξηρό βάρος του φυτού ταυτίζονται με αυτά του νωπού.

Πίνακας 5.8. Επίδραση των υποστρωμάτων στην ευρωστία των φυτών

Υποστρώματα	NBB	ΞBB	NBP	ΞBP	NBB+P	ΞBB+P
0	15,3a	4,8b	18,3a	4,5a	33,7b ¹	9,3b
40ΦΕ	13,9a	4,2a	18,2a	4,2a	32,2b	8,4ab
500ΦΕ	12,9a	4,1a	14,8a	3,8a	27,8a	7,9a
50ΚΛ	14,0a	4,0a	18,2a	4,2a	32,2b	8,2ab
500ΚΛ	13,6a	4,0a	16,1a	3,8a	29,8a	7,9a

¹ Μέσοι όροι με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά κατά Tukey για p>0.05.

Από τον Πίνακα προκύπτει ότι ούτε το είδος του υποστρώματος ούτε η συγκέντρωση που χρησιμοποιήθηκαν διαφοροποίησαν το νωπό βάρος βλαστού.

- Το ίδιο ισχύει και για το ξηρό βάρος βλαστού.
- Στο νωπό βάρος ρίζας υπάρχει μια οριακή αλληλεπίδραση μεταξύ των υποστρωμάτων και των υποκειμένων. Διαπιστώνεται επίσης ότι στα ΦΕ και στη συγκέντρωση 500ppm το NB έχει την τάση να είναι μικρότερο σε σχέση με τις άλλες συγκεντρώσεις.
- Όσον αφορά το ΞBP δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων.
- Είναι αξιοσημείωτο ότι το συνολικό νωπό βάρος βλαστού και ρίζας διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ των υποστρωμάτων. Το υπόστρωμα από ΦΕ στη συγκέντρωση των 500 ppm δίδει μικρότερο συνολικό νωπό βάρος από τη συγκέντρωση των 50 ppm ΚΛ, καθώς και από το μάρτυρα.
- Για το συνολικό ΞBB+P η συγκέντρωση των 500ppm ΦΕ δίδει και πάλι μικρότερη τιμή σε σχέση με το μάρτυρα.

Χλωροφύλλη

Πίνακας 5.9. Συγκέντρωση της chl στα φύλλα των Υποκειμένων 41B, 140Ru, 110R

Υποκείμενα	Chla	Chlb	Chla+b	Chla/b
41B	4516,2a	2812,7a	7328,9a	1,6a
140Ru	5312,0b	3332,5b	8644,6b	1,5a
110R	4650,6a	2901,8a	7552,5a	1,6a

¹ Μέσοι όροι με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά κατά Tukey για $p > 0.05$.

Στον Πίνακα διαπιστώνεται ότι το φύλλο του 140Ru περιέχει περισσότερη chla και chlb απ' ότι τα φύλλα των δύο άλλων υποκειμένων τα οποία δεν διαφέρουν μεταξύ τους. Το αποτέλεσμα αυτό επαληθεύει τις μετρήσεις των chla και chlb που έγιναν στο πείραμα της χλώρωσης.

- Όπως είναι αναμενόμενο, το άθροισμα chla+chlb διαφέρει σημαντικά μεταξύ των υποκειμένων. Πράγματι το 140Ru υπερέρχει των δύο άλλων όσον αφορά την περιεκτικότητα του φύλλου σε συνολική chl (chla+chlb).
- Επισημαίνεται ότι ο λόγος chla/chlb δεν εμφανίζει διαφορές μεταξύ των υποκειμένων, σε αντίθεση με τα αποτελέσματα του πειράματος της χλώρωσης όπου διαπιστώθηκε ότι ο λόγος chla/chlb είναι μεγαλύτερος στο 110R σε σχέση με το 41B.

Πίνακας 5.10. Συγκέντρωση της chl στα φύλλα ανάλογα με το είδος και τη συγκέντρωση του Υποστρώματος.

Υπόστρωμα	Chla	Chlb	Chla+b	Chla/b
0	4516,0a	2722,8a	7238,9a	1,66b ¹
50ΦΕ	5699,3a	2972,3a	7671,6ab	1,57ab
500 ΦΕ	5157,3b	3446,6b	8604,0b	1,49a
50 ΚΛ	4508,7a	2755,2a	7263,9a	1,64b
500 ΚΛ	5250,1b	3181,4b	8431,5b	1,67b

¹ Μέσοι όροι με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά κατά Tukey για $p > 0.05$.

Από τον Πίνακα προκύπτει ότι οι συγκεντρώσεις των 500 ppm και στα δύο υποστρώματα δηλαδή φύλλα ελιάς και κληματίδες είναι σαφώς ανώτερες σε σχέση τόσο με το μάρτυρα όσο και με τις συγκεντρώσεις των 50 ppm ΦΕ και ΚΛ.

Και στην περίπτωση της chlb η συγκέντρωση των 500 ppm ανεξαρτήτως υποστρώματος δίδει την υψηλότερη συγκέντρωση chl σε σχέση τόσο με το μάρτυρα όσο και με τη συγκέντρωση των 50 ppm. Ο μάρτυρας και οι συγκεντρώσεις των 50 ppm είναι ισοδύναμες.

Όπως είναι αναμενόμενο για τη συνολική chl ισχύουν τα προηγούμενα συμπεράσματα με την εξαίρεση ότι η συγκέντρωση των 50 ΦΕ αποδεικνύεται ισοδύναμη με τη συγκέντρωση των 500 ΦΕ.

Από τον Πίνακα διαπιστώνεται ότι ο λόγος chla.chlb στο μάρτυρα είναι μεγαλύτερος από το ότι στη συγκέντρωση 500 ppm ΦΕ δηλαδή υπάρχει μια αντίστροφη σχέση μεταξύ συνολικής chl και του λόγου των χλωροφυλλών για τις δύο συγκεκριμένες συγκεντρώσεις (μάρτυρας, 500ΦΕ). Φαίνεται επίσης ότι ο λόγος των χλωροφυλλών είναι μικρότερος στη συγκέντρωση των 500ppm ΦΕ απ' ότι στα 500ppm ΚΛ. Το είδος του υποστρώματος λοιπόν σε ορισμένες συγκεντρώσεις φαίνεται να επηρεάζει το λόγο chla/chlb.

Πίνακας 5.11. Επιδράσεις των χουμικών παραγόντων στη συγκέντρωση θρεπτικών στη ρίζα υποκειμένων αμπέλου 41B και R110. Η συγκέντρωση των θρεπτικών προσδιορίστηκε στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Οι τιμές εκφράζονται βάση του ξηρού βάρους.

41B

	P%	K%	Ca%	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
Control	0.228	1.30	3.05	1,998	58	53
50 ppm H.S.	0.268	1.57	3.44	2,280	62	51
500 ppm H.S.	0.261	1.49	4.57	2,812	78	56
LSD 0.05	0.09	0.10	0.19	95	4	2

R110

	P%	K%	Ca%	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
Control	0.208	1.15	3.24	2,168	74	50
50 ppm H.S.	0.200	1.21	4.00	2,500	88	45
500 ppm H.S.	0.213	1.20	3.82	2,470	81	65
LSD 0.05	0.04	0.09	0.20	105	3	2

Πίνακας 5.12 Επιδράσεις της χρήσης χουμικών παραγόντων στην περιεκτικότητα θρεπτικών στα φύλλα υποκειμένων αμπέλου 41B και R110. Η συγκέντρωση των θρεπτικών προσδιορίστηκε στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Οι τιμές εκφράζονται βάση του ξηρού βάρους.

41B

	P%	K%	Ca%	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
Control	0.289	1.37	3.57	214	128	40
50 ppm H.S.	0.305	1.43	3.81	356	142	59
500 ppm H.S.	0.236	1.48	4.17	282	140	42
LSD 0.05	0.08	0.15	0.21	42	4	2

R110

	P%	K%	Ca%	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
Control	0.292	1.42	3.39	268	114	41
50 ppm H.S.	0.260	1.58	3.41	323	122	51
500 ppm H.S.	0.239	1.50	2.97	305	120	50
LSD 0.05	0.08	0.12	0.18	25	3	2

ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ

6.1. Εισαγωγή

Η περιεκτικότητα των εδαφών σε οργανική ουσία κυμαίνεται μεταξύ ευρέων ορίων. Έτσι, στα τυρφώδη εδάφη αυτή ανέρχεται μέχρι 80%, ενώ στα συνήθη καλλιεργούμενα εδάφη κυμαίνεται μεταξύ 0,5 και 20%. Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία των καλλιεργούμενων εδαφών μειώνεται συνήθως από τα ανώτερα προς τα κατώτερα στρώματα. Εν τούτοις, σε ορισμένα εδάφη, είναι δυνατή η παρουσία μεγαλύτερων ποσοτήτων οργανικής ουσίας στα βαθύτερα στρώματα, λόγω εκκλύσεως της από τα επιφανειακά και συσσωρεύσεως τους σε βαθύτερους ορίζοντες. Η παρουσία της οργανικής ουσίας στο έδαφος αναγνωρίζεται μακροσκοπικώς από το φαιό έως μελανό χρώμα, το οποίο αυτή προσδίδει σ' αυτό. Η μέση εκατοστιαία σύσταση της οργανικής ουσίας σε άνθρακα (C), οξυγόνο (O), υδρογόνο (H) και άζωτο (N) είναι περίπου η εξής:

C = 56 - 58%	O = 34 - 36%
H = 4 - 5%	N = 3 - 4%

Η οργανική ουσία επιδρά φυσικοχημικά στο έδαφος, με την αύξηση της υδατοδιαπερατότητας καθώς και της υδατοϊκανότητας αυτού, δεδομένου ότι αυτή συντελεί στο σχηματισμό καλής συσσωματώδους υφής, οπότε αυξάνεται το μέγεθος των πόρων του εδάφους, καθώς και ο αριθμός των μεγάλων πόρων αυτού. Οι μετά βάσεων ενώσεις της οργανικής ουσίας χαρακτηρίζονται ως κεκορεσμένος χούμος, ενώ οι ενώσεις αυτής με υδρογόνο ως ακόρεστος χούμος.

Η σημασία της οργανικής ουσίας για τη γονιμότητα του εδάφους και την καλή ανάπτυξη των φυτών είναι πάρα πολύ μεγάλη και μπορεί να συνοψισθεί στα παρακάτω:

α) Η οργανική ουσία αυξάνει την αποταμιευτική ικανότητα του εδάφους σε νερό και θρεπτικά συστατικά. Έτσι, η παρουσία αυτής στο έδαφος έχει ως αποτέλεσμα, αφ' ενός μεν την αύξηση του πορώδους, συνεπεία του οποίου το έδαφος αερίζεται καλύτερα, αφ' ετέρου δε την αύξηση της ολικής σε κατιόντα εναλλακτικής (προσροφητικής) ικανότητας του εδάφους, εξ' αιτίας της οποίας το έδαφος παρουσιάζεται περισσότερο γόνιμο ενός άλλου φτωχού σε οργανική ουσία.

β) Τα αμμώδη εδάφη καθίστανται συνεκτικότερα, τα δε βαριά λιγότερο συνεκτικά και εύθρυπτα, δεδομένου ότι η οργανική ουσία, ως οργανική κολλοειδής μάζα, συσσωματώνει τα ανόργανα κολλοειδή τεμαχίδια του εδάφους προς αυτά μεγαλύτερων διαστάσεων, παράγοντας έτσι καλής συσσωματώδους υφής. Έτσι, η οργανική ουσία συμβάλλει αφ' ενός μεν στο καλό αερισμό και τη καλή αποστράγγιση και υποστράγγιση των συνεκτικών εδαφών, αφ' ετέρου δε στην αύξηση της παραγωγικότητας των αμμωδών εδαφών.

γ) Κατά την χουμοποίηση της οργανικής ουσίας εκλύονται αέρια, ως διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο καθιστά αφομοιώσιμα τα θρεπτικά συστατικά που βρίσκονται στο έδαφος σε ανόργανη μορφή. Το διοξείδιο του άνθρακα επιδρά επίσης και επί του ανθρακικού ασβεστίου του εδάφους, διαλυτοποιεί αυτό και το μετατρέπει σε όξινο ανθρακικό ασβέστιο κατά την αντίδραση:



Έτσι, το ασβέστιο του όξινου ανθρακικού ασβεστίου ως υδατοδιαλυτό δύναται πλέον να προσροφηθεί από τα κολλοειδή του εδάφους και να βελτιώσει τη φυσική ιδιότητα αυτού.

δ) Η οργανική ουσία προφυλάσσει τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους από την έκπλυση σχηματίζοντας με αυτά οργανομεταλλικές ενώσεις, οι περισσότερες από τις οποίες είναι προσιτές στα φυτά.

ε) Η παρουσία της οργανικής ουσίας στο έδαφος το προστατεύει από τη διάβρωση.

στ) Η ποσότητα των υπό της οργανικής ουσίας προσαγομένων στο έδαφος θρεπτικών συστατικών είναι αξιόλογη. Έτσι, ο φωσφόρος βρίσκεται στο έδαφος και σε μορφή οργανικών ενώσεων, εκ των οποίων, με την πάροδο του χρόνου και την επίδραση των παραγόντων της χουμοποίησης, ανοργανοποιείται, όταν ενωθεί, δε περαιτέρω με βάσεις σχηματίζει διάφορα φωσφορικά άλατα. Τα άλατα αυτά διαλύονται εύκολα στο νερό ή την επίδραση του άνθρακα και μ' αυτό τον τρόπο ο φωσφόρος καθίσταται προσιτός στα φυτά. Το άζωτο της οργανικής ουσίας του εδάφους δεν δύναται να προσληφθεί από τα φυτά σε μορφή πολύπλοκων οργανικών ενώσεων. Πλην όμως, τη βοήθεια των μικροοργανισμών του εδάφους και συν τη πρόοδο της χουμοποίησης, το άζωτο των οργανικών ενώσεων μετατρέπεται σε αμμωνιακό ή νιτρικό και υπό τη μορφή αυτή μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά.

ζ) Τέλος χάρη στην οργανική ουσία αποταμιεύεται στο έδαφος αρκετή ποσότητα οξυγόνου, το οποίο χρησιμεύει ως τροφή των αζωτοβακτηρίων και έτσι, εμμέσως, λαμβάνει χώρα εμπλουτισμός του εδάφους σε αζωτούχους ενώσεις.

Από την ανωτέρω ανασκόπηση της δράσης της οργανικής ουσίας καθίσταται αντιληπτή η σημασία αυτής για το έδαφος ως μέσου αναπτύξεως και διατροφής των φυτών, και ως εκ τούτου το απαραίτητο της γνώσεως του υπάρχοντος ποσού αυτής στο έδαφος.

Ταξινόμηση των εδαφών. Τα εδάφη, με βάση την περιεκτικότητά τους σε οργανική ουσία, μπορούν να ταξινομηθούν ως ακολούθως:

- | | |
|--------------------------|----------------------------------|
| α) Ανεπαρκώς εφοδιασμένα | οργανική ουσία σε gr. % < 3. |
| β) Εφοδιασμένα | οργανική ουσία σε gr. % 3 έως 5. |
| γ) Πολύ εφοδιασμένα | οργανική ουσία σε gr. % > 5. |

Το πρόβλημα της οργανικής ουσίας στην Κρήτη

Η οργανική ουσία των εδαφών της Κρήτης κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα, εξ' αιτίας του ξηροθερμικού κλίματος της περιοχής. Κατά τα τελευταία χρόνια σημειώθηκε μείωση της κτηνοτροφίας στην περιοχή, με αποτέλεσμα να μειωθεί αισθητά η παραγωγή ζωικής κοπριάς. Η παράλληλη αύξηση των θερμοκηπιακών καλλιεργειών δημιούργησε μεγάλη ζήτηση ζωικής κοπριάς με αποτέλεσμα να αυξηθεί η τιμή της. Το κύριο όμως πρόβλημα είναι η δυσκολία εξεύρεσης της. Έτσι σήμερα όλη σχεδόν η παραγωγή κοπριάς στην περιοχή απορροφάται για τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες και έχουν εγκαταλειφθεί άλλες καλλιέργειες όπως η ελιά και το αμπέλι.

Παρ' όλα όμως αυτά οι ανάγκες των θερμοκηπιακών καλλιεργειών δεν καλύπτονται και συνέπεια αυτού του γεγονότος είναι η χρήση τύρφης που εισάγεται από το εξωτερικό καθώς και άλλων παρασκευασμάτων που κυκλοφορούν στην αγορά σαν οργανοχουμικά λιπάσματα. Όμως οι δόσεις που χρησιμοποιούνται τα υλικά αυτά καθώς και ο τρόπος χρησιμοποίησής τους, γεννούν την αμφιβολία για την αποτελεσματικότητά τους, ενώ παράλληλα επιβαρύνουν αισθητά το κόστος παραγωγής.

Ειδικά για τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες το πρόβλημα της οργανικής ουσίας έχει γίνει οξύ για τους κατωτέρω λόγους:

- Υπάρχει εντατική εκμετάλλευση του εδάφους των θερμοκηπίων.

- β. Η έκταση των θερμοκηπιακών καλλιεργειών έχει αυξηθεί αρκετά σε λίγο σχετικά χρονικό διάστημα.
- γ. Η μείωση της κτηνοτροφίας στην περιοχή δημιούργησε σοβαρό πρόβλημα εξεύρεσης κοπριάς, ενώ παράλληλα δε συμφέρει η μεταφορά της από άλλα μέρη.
- δ. Η ποιότητα των νερών άρδευσης δεν είναι καλή (υφάλμυρα).
- ε. Δεν υπάρχει δυνατότητα εναλλαγής καλλιεργειών, με συνέπεια να έχει μειωθεί αισθητά η γονιμότητα των εδαφών των θερμοκηπίων.

Στην περιοχή της Κρήτης υπάρχουν σαν υποπροϊόντα της οινοποιίας και της ελαιουργίας τα στέμφυλα και το πυρηνόξυλο αντίστοιχα, που δεν χρησιμοποιούνται σαν εδαφοβελτιωτικά ή χρησιμοποιούνται σε πολύ μικρή έκταση. Ο λόγος είναι ότι οι γεωργοί φοβούνται δυσμενείς επιδράσεις από τη χρήση τους.

Τα οργανικά υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα στη χώρα μας για εμπλουτισμό του εδάφους με οργανική ουσία είναι κυρίως η κοπριά, η τύρφη και διαφορά οργανοχουμικά λιπάσματα. Παράγονται λοιπόν σήμερα από διάφορες εταιρίες οργανοχουμικά λιπάσματα, που διατίθενται στους παραγωγούς σε αρκετά υψηλή τιμή και χρησιμοποιούνται σε πάρα πολύ μικρές δόσεις, που καθιστούν αμφίβολη την επίδραση τους στην παραγωγή. Από την άλλη πλευρά υπάρχουν διάφορα υλικά, όπως το πυρηνόξυλο και τα στέμφυλα, που δε χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες ενώ θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ικανοποιητικά με διάφορους τρόπους. Ακόμη και αυτά τα οργανοχουμικά λιπάσματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν με κατάλληλο τρόπο για να συνεισφέρουν στην παραγωγή.

6.2. Χημικός χαρακτηρισμός της οργανικής ουσίας

Αντικείμενο του χημικού χαρακτηρισμού της οργανικής ουσίας του εδάφους είναι ο προσδιορισμός των παρακάτω:

- α) Των ενεργών οργανικών ομάδων -καρβοξυλιακών και υδροξυλιακών- και περαιτέρω της εναλλακτικής αυτών σε κατιόντα ικανότητας (CEC).
- β) Της φύσεως των θετικώς φορτισμένων ενεργών ομάδων, όπως των αμινικών κλπ.
- γ) Της κατηγορίας προσιτότητας της οργανικής ουσίας, με τον χαρακτηρισμό αυτής ως εύκολα αποσυντεθειμένη, ως σταθερά κλπ.
- δ) Των ειδικών μοριακών οργανικών ομάδων, όπως των πρωτεϊνών, λιπών, υδατανθράκων κλπ.
- ε) Των επί μέρους οργανικών μορίων, τα όποια την συνιστούν.

στ) Της ταχύτητας ελευθερώσεως των θρεπτικών συστατικών, όπως του N, P, S και του B.

Οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι κλασμάτωσης της οργανικής ουσίας του εδάφους μπορούν να διαιρεθούν στις εξής δύο κατηγορίες:

α) Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των χαρακτηριστικών βασικών ενώσεων των συνιστωσών τα εν αποσυνθέσει και μη στο έδαφος απαντώντα φυτικά κυρίως υπολείμματα, όπως η ρίζα, τα φύλλα κλπ. Οι μέθοδοι της κατηγορίας αυτής βρίσκουν άριστη εφαρμογή στην έρευνα των οργανικών εδαφών, τη μελέτη του δασικού χούμου, καθώς και στον προσδιορισμό της ταχύτητας αποσυνθέσεως των οργανικών υπολειμμάτων.

β) Μέθοδοι οι οποίες έχουν σκοπό την κλασμάτωση του χούμου σε κλάσματα. Οι μέθοδοι της κατηγορίας αυτής χρησιμοποιούνται κυρίως στην μελέτη του τρόπου σχηματισμού του χούμου και γενικότερα του χημισμού αυτού.

Όλες οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι κλασμάτωσης της οργανικής ουσίας του εδάφους παρουσιάζουν βασικά αναλυτικά μειονεκτήματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δι' αυτών πολλά προϊόντα διαχωρίζονται, τα οποία δεν έχουν διακεκριμένο χημικό χαρακτήρα, ή προσδιορίζονται προϊόντα, τα οποία συνήθως σχηματίζονται κατά την πορεία αναλύσεως, και δεν έχουν καμία σχέση με τα αρχικώς υπάρχοντα υλικά. Εν τούτοις, είναι γνωστόν ότι οι διάφοροι μέθοδοι κλασμάτωσης της οργανικής ουσίας του εδάφους έχουν βοηθήσει πολύ τη μελέτη αυτής και ελπίζεται ότι αυτές θα εξακολουθήσουν να χρησιμοποιούνται στο μέλλον διαρκώς βελτιωμένες. Έχουμε δύο μεθόδους κλασμάτωσης της οργανικής ουσίας του εδάφους. Η μεν πρώτη, η οποία χαρακτηρίζεται ως ανάλυση προσεγγίσεως χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των λιπών, ρητινών, ημικυτταρινών, κυτταρινών και της λιγνίνης. Η δε δεύτερη, η οποία χαρακτηρίζεται ως κλασμάτωση του χούμου, χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των διαφόρων κλασμάτων αυτού, όπως των χουμινών, χουμικών οξέων, φουλβικών οξέων, του β - χούμου, ως και του υματομελανικού οξέος.

6.3. Κλασμάτωση του χούμου

Ο διαχωρισμός και η παραλαβή της οργανικής ουσίας του εδάφους από την ανόργανη μάζα αυτής για μεγάλο χρονικό διάστημα απετέλεσε αντικείμενο έρευνας πολλών εδαφοχημικών και βιοχημικών. Η διευκρίνιση της συντάξεως των οργανικών ενώσεων της οργανικής ουσίας του εδάφους ελάχιστες μόνο προόδους σημείωσε

λόγω του πολύπλοκου της συνθέσεώς της και λόγω του μικρού αριθμού οργανικών χημικών, οι οποίοι εργάστηκαν μέχρι τώρα για το θέμα αυτό. Εν τούτοις, πιστεύεται ότι στο εγγύς μέλλον εδαφολόγοι γνώστες της οργανικής χημείας ή οργανικοί χημικοί θα επιτύχουν την πλήρη διευκρίνιση της συντάξεως των διαφόρων οργανικών ενώσεων, οι οποίες συνιστούν τα επί μέρους κλάσματα της οργανικής ουσίας του εδάφους. Αυτό συνάγεται από το γεγονός ότι σήμερα η οργανική χημεία διαθέτει καταπληκτικά τεχνικά μέσα προς μελέτη των οργανικών ενώσεων. Τα κυριότερα από τα εν λόγω μέσα είναι: η χρωματογραφία, η υπεριώδης και υπέρυθη φασματογραφία, η ηλεκτροφόρηση, η πολαρογραφία, ως και η τεχνική του πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού.

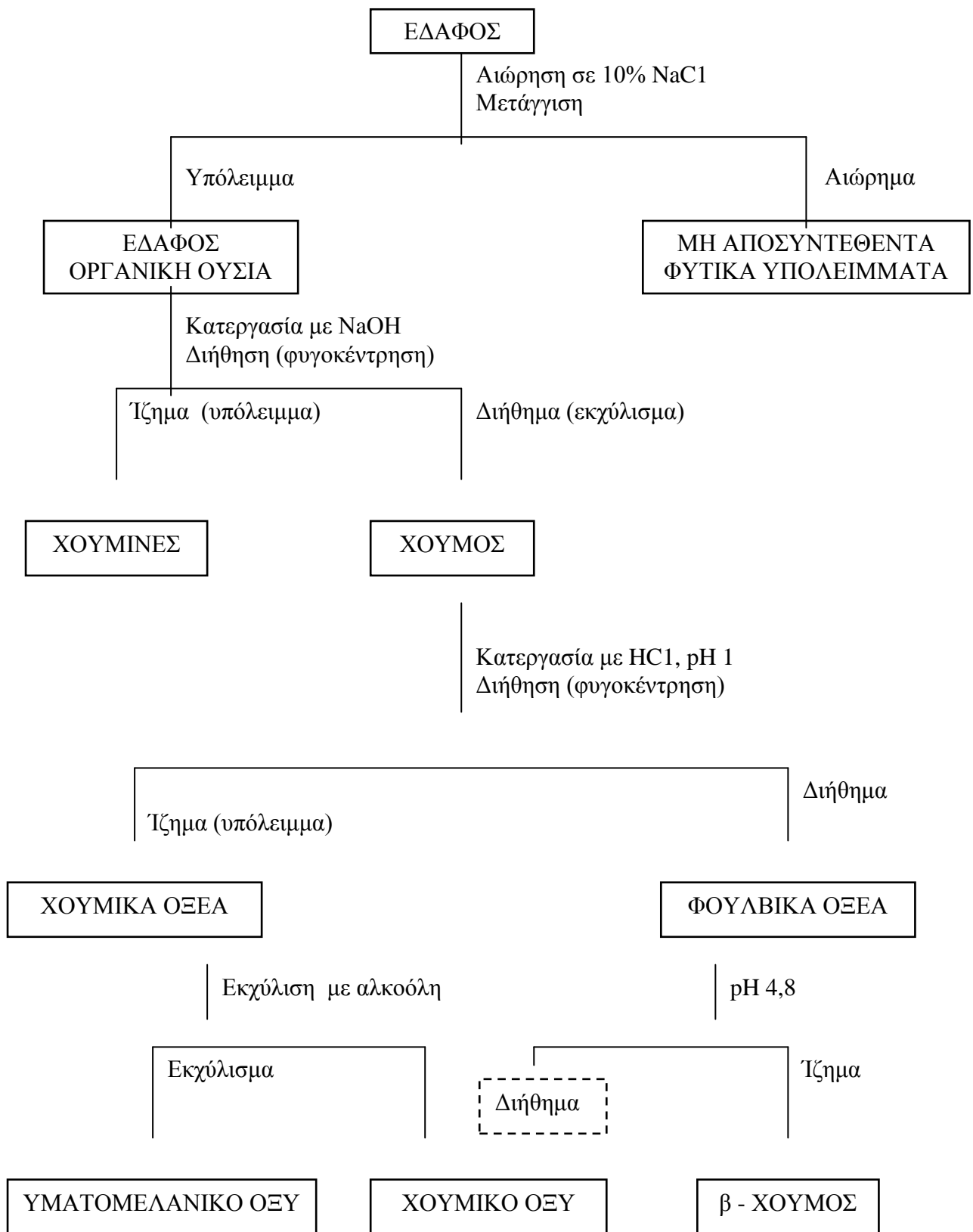
Σήμερα, για την κλασμάτωση της οργανικής ουσίας του εδάφους χρησιμοποιείται η κλασική μέθοδος, η οποία προτάθηκε πριν από ένα περίπου αιώνα και χρησιμοποιείται ακόμη, παρ' όλα τα βασικά μειονεκτήματά της. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην εκχύλιση με αλκάλια της οργανικής ουσίας και περαιτέρω κλασμάτωση αυτής με μερική καθίζηση με ισχυρά οξέα και μερική διαλυτοποίηση σε αλκοόλη. Τα κλάσματα που λαμβάνονται με τη μέθοδο αυτή δίνονται παρακάτω:

- α) Οι χουμίνες, οι οποίες είναι αδιάλυτες σε αλκάλια.
- β) Τα χουμικά οξέα, τα όποια είναι διαλυτά σε αλκάλια και αδιάλυτα σε οξέα.
- γ) Το υματομελανικό οξύ, το οποίο είναι διαλυτό σε αλκοόλη, χαρακτηρίζεται δε ως συστατικό των χουμικών οξέων.
- δ) Τα φουλβικά οξέα, τα οποία είναι διαλυτά σε αλκάλια και σε οξέα.
- ε) Ο β-χούμος, ο όποιος είναι διαλυτός σε αλκάλια, σε οξέα και αδιάλυτος σε pH 4,8.

Τα συστατικά των παραπάνω κλασμάτων πολλά είναι τελείως διαφορετικά των ήδη υπάρχοντων, δεδομένου ότι κατά την παραλαβή τους με ισχυρά αλκάλια λαμβάνει χώρα σειρά αντιδράσεων ανοικοδομήσεως και αποικοδομήσεως των οργανικών ενώσεων, ο χημισμός των οποίων παραμένει στο μεγαλύτερο μέρος άγνωστος. Τέλος, πρέπει να τονισθεί ότι οι ονομασίες, των εν λόγω κλασμάτων δεν είναι διεθνώς παραδεκτοί. Έτσι, ως χουμικά οξέα χαρακτηρίζεται πολλές φορές το κλάσμα του αδιάλυτου στα οξέα μέρους του χούμου, το όποιο περαιτέρω είναι αδιάλυτο και σε αλκοόλη. Υπό αυτές τις συνθήκες, το αδιάλυτο στα οξέα κλάσμα του χούμου χαρακτηρίζεται ως αχούμος.

Εκχύλιση με πυροφωσφορικό. Προς αποφυγή αλλοιώσεως της φυσικής καταστάσεως των συστατικών της οργανικής ουσίας του εδάφους, προτάθηκε η αντικατάσταση του

NaOH με διάλυμα 0,1 M πυροφωσφορικού νατρίου. Το διάλυμα αυτό είναι πολύ ήπιο εκχυλιστικό μέσο, δεν προσβάλλει τα συστατικά της οργανικής ουσίας, αλλά και δεν δύναται να παραλάβει το σύνολο αυτών. Γι' αυτό εκχυλίζεται ένα μικρό μόνο μέρος της οργανικής ουσίας του εδάφους που δεν υπερβαίνει το 10% του συνόλου.



Σχήμα 6.1. Σχηματική πορεία κλασματώσεως της οργανικής ουσίας του εδάφους.

Εκχύλιση με διάλυμα $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$. Η εκχύλιση της οργανικής ουσίας από το έδαφος μπορεί να επιτευχθεί και με διάλυμα 0,25 gr. Na_2CO_3 και 2 gr. NaHCO_3 σε ένα λίτρο νερού, του οποίου το pH ρυθμίζεται καταλλήλως στο 9. Το διάλυμα αυτό μπορεί να υποκαταστήσει καθ' όλα το NaOH της μεθόδου της. Η εκχύλιση της οργανικής ουσίας με το εν λόγω διάλυμα πλεονεκτεί έναντι εκείνης με NaOH , δεδομένου ότι με αυτή δεν διαλυτοποιούνται εύκολα τα ορυκτά της αργίλου και έτσι το εκχύλισμα που λαμβάνεται ως επί το πλείστον από άποψη οργανικής ουσίας είναι αμιγές.

6.3.1. Διαχωρισμός χουμικών – φουλβικών οξέων. Εκχύλιση με διάλυμα 0,5 N NaOH .

Υλικά και όργανα. Μία φυγόκεντρος με ειδικά πλαστικά δοχεία των 500 ml. ή ένα σύστημα διηθήσεως με τη βοήθεια κενού. Ένα πεχάμετρο. Ένα γουδί. Σε μηχανικό ανακινητήρα 4 έως 8 ποτήρια, ζέσεως των 1.000 ml.

Αντιδραστήρια. Πυκνό υδροχλωρικό οξύ. Διάλυμα 0,5 N καυστικού νατρίου, το οποίο παρασκευάζεται με διάλυση 20 gr. ξηρού NaOH σε ένα λίτρο νερού.

Τρόπος εργασίας. Μετά την απομάκρυνση των εναλλακτικών κατιόντων, το έδαφος μεταφέρεται με ηθμό σε πλαστικό δοχείο των 500 ml στη συσκευή φυγοκεντρήσεως. Προστίθενται 200 ml. διαλύματος 0,5 N NaOH , πωματίζεται το δοχείο και ανακινείται για 12 ώρες σε μηχανικό ανακινητήρα. Εκπωματίζεται το δοχείο, πλένονται τα εσωτερικά τοιχώματα αυτού με λίγο νερό και το μίγμα φυγοκεντρείται προς καθίζηση του ανόργανου εδάφους. Εάν δεν διατίθεται κατάλληλος φυγόκεντρος με τα προαναφερθέντα πλαστικά δοχεία, τότε το έδαφος φέρεται σε πλαστικές φιάλες των 500 ml., ανακινείται για 24 ώρες, όπως ήδη αναφέρθηκε, ο δε διαχωρισμός της στερεάς από την υγρή φάση επιτυγχάνεται με διήθηση με τη βοήθεια κενού. Μετά την φυγοκέντρωση, το σκοτεινού χρώματος διαυγές υπερκείμενο υγρό διηθείται με υαλοβάμβακα για την απομάκρυνση των τυχόν ενυπαρχόντων αιωρούμενων στερεών φυτικών υπολειμμάτων. Ευνόητο είναι ότι εάν δεν γίνει φυγοκέντρωση αλλά διήθηση, η πρόσθετη αυτή διήθηση με υαλοβάμβακα διήθηση δεν είναι απαραίτητη. Το διήθημα συλλέγεται σε ποτήρι των 1.000 ml και η εκχύλιση του εδάφους με καυστικό νάτριο επαναλαμβάνεται για μια ακόμη φορά. Η νέα εκχύλιση γίνεται καθ' όλα όμοια με τη πρώτη, μόνον ο χρόνος ανακινήσεως δεν είναι 24 ώρες άλλα 1 ώρα. Ακολούθως, το διαυγές διήθημα ή υπερκείμενο υγρό της φυγοκεντρήσεως φέρεται

στο ποτήρι των 1.000 ml και εννοείται μετά του πρώτου εκχυλίσματος. Το περιεχόμενο δε του ποτηριού οξυνίζεται με πυκνό HCl μέχρι $\text{pH} \cong 1$ και αφήνεται σε ηρεμία για κάποιες ώρες, προς καθίζηση των αδιάλυτων στο pH χουμικών οξέων. Μετά από αυτά, το υπερκείμενο διαυγές υγρό (φουλβικά οξέα) απομακρύνεται με αποσιφονισμό η με προσεκτική μετάγγιση και συγκεντρώνεται σε άλλο ποτήρι των 1.000 ml. Τα καθιζηθέντα χουμικά οξέα απαλλάσσονται από τα υπόλοιπα φουλβικά οξέα που βρίσκονται σε διάλυση με φυγοκέντρωση ή διήθηση. Το υπερκείμενο διαυγές υγρό της φυγοκέντρωσης, ή το διαυγές διήθημα της διηθήσεως μεταφέρεται ποσοτικώς στο δεύτερον ποτήρι των 1.000 ml, το οποίο περιέχει τα εν διαλύσει φουλβικά οξέα και φυλάσσεται προς προσδιορισμό αυτών. Αντιθέτως, αυτό που είναι στον ήθμο ή στο δοχείο φυγοκέντρωσης και έχει καθιζάνει το στερεό υπόλειμμα (χουμικά οξέα) αναδιαλύεται με διάλυμα 0,5 N NaOH, επανακαθαρίζει με πυκνό HCl σε $\text{pH} \cong 1$, φυγοκεντρείται ή διηθείται όπως ανωτέρω, και το μεν διήθημα συλλέγεται στο ποτήρι που περιέχει τα φουλβικά οξέα, το δε στερεό υπόλειμμα κατεργάζεται όπως παραπάνω για μια ακόμη φορά και, τέλος, εκπλύνεται με νερό για πλήρη απομάκρυνση των ιόντων χλωρίου (ανίχνευση με νιτρικό άργυρο). Μετά απ' αυτά, τα εκχυλισθέντα, απομονωθέντα και εκπλυθέντα χουμικά οξέα ξηραίνονται σε ρεύμα αέρος και μετά από ζύγιση κονιοποιούνται σε γουδί. Στα χουμικά οξέα προσδιορίζεται περαιτέρω ο C ως και το N.

6.3.2. Διαχωρισμός υματομελανικού – χουμικού οξέος. Εκχύλιση με αλκοόλη

Υλικά και όργανο. 4 έως 8 συσκευές εκχυλίσεως Soxhlet, 4 έως 8 φιαλίδια ζυγίσεως των 40 ml. Σε ξηραντήρα κενού. Μία αντλία κενού ηλεκτρική ή εργαστηριακού κρουνού.

Αντιδραστήρια. Απόλυτος αιθυλική αλκοόλη.

Τρόπος εργασίας. Για την παραλαβή του υματομελανικού οξέος, σε μέρος του κονιοποιηθέντος κλάσματος των χουμικών οξέων εκχυλίζεται με απόλυτη αλκοόλη σε συσκευή Soxhlet για 24 ώρες. Ακολούθως, το περιεχόμενο του υποδοχέως της Soxhlet μεταφέρεται ποσοτικώς σε φιαλίδιο ζυγίσεως και εξατμίζεται σε κενό η υπάρχουσα αλκοόλη με ελαφριά θέρμανση σε υδρόλουτρο θερμοκρασίας 40 έως 50°C. Η ξήρανση συμπληρώνεται με παραμονή του υπολείμματος εντός ξηραντήρος κενού επί 5 έως 10 ημέρας. Τέλος, στο ούτω ληφθέν κλάσμα, το περιέχον το υματομελανικόν οξύ, προσδιορίζεται περαιτέρω ο άνθρακας και το άζωτο.

6.3.3. Διαχωρισμός β-χούμου – φουλβικών οξέων. Καθίζηση σε pH 4,8

Υλικά και όργανα. Μία φυγόκεντρος με ειδικά πλαστικά δοχεία των 500 ml. ή άντ' αυτής ένα σύστημα διηθήσεως με τη βοήθεια κενού. Ένα πεχάμετρο. Ένα γουδί.

Αντιδραστήρια. Διάλυμα $\cong 0,1 N$ NaOH. Παρασκευάζεται με διάλυση 4 gr ξηρού NaOH σε ένα λίτρο νερού.

Τρόπος εργασίας. Η καθίζηση αυτή αποβλέπει στο διαχωρισμό και τη παραλαβή του β-χούμου από το κλάσμα των φουλβικών οξέων, επιτυγχάνεται δε με ρύθμιση του pH αυτών στην επιθυμητή τιμή pH 4,8. Έτσι, στο ποτήρι των 1.000 ml., το οποίο περιέχει τα φουλβικά οξέα προστίθεται διάλυμα $0,1 N$ NaOH μέχρις επιτεύξεως της ως άνω επιθυμητής τιμής pH 4,8. Ακολούθως αφήνεται το εν λόγω αιώρημα προς πλήρη καθίζηση του ιζηματοποιηθέντος β-χούμου. Εν συνεχεία αποσιφονίζεται το υπερκείμενον διαυγές υγρό, το δε υπόλοιπο μετά του ιζήματος μεταφέρεται σε πλαστικό δοχείο των 500 ml. και φυγοκεντρείται ή διηθείται καταλλήλως δια Buchner φέροντος ηθμό Whatman No 50 προς συγκράτηση του β-χούμου. Τέλος, εκπλύνεται με νερό ο β-χούμος που συγκεντρώθηκε επί του ηθμού ή στο σωλήνα φυγοκεντρήσεως και μετά από ξήρανση σε πυριατήριο θερμοκρασίας $50^{\circ}C$ ζυγίζεται. Στο κλάσμα του β-χούμου που λαμβάνεται με αυτό τον τρόπο προσδιορίζονται περαιτέρω ο άνθρακας και το άζωτο.

6.4. Ανθρακικό ασβέστιο

Η παρουσία των ανθρακικών αλάτων των αλκαλικών γαιών (Ca, Mg) στο έδαφος αποτελεί θεμελιώδη διαγνωστικό παράγοντα για τη διερεύνηση της πορείας εδαφογενέσεως. Η ποσοτική δε έκφραση της παρουσίας των εν λόγω αλάτων ενδιαφέρει πάρα πολύ την χημική ανάλυση των εδαφών, δεδομένου ότι με αυτή μπορούν να διευκρινισθούν και να εκτιμηθούν τα κάτωθι:

α) Η εκλογή της καταλλήλου μεθόδου για τον προσδιορισμό των εναλλακτικών κατιόντων του εδάφους.

β) Η διόρθωση των αποτελεσμάτων του προσδιορισμού του οργανικού άνθρακα όταν ούτος προσδιορίζεται με τη μέθοδο της ξηράς καύσεως.

γ) Η επίλυση προβλημάτων λιπάνσεως και βελτιώσεως των εδαφών.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η ποιοτική στο αγρό εκτίμηση, ως και ο ποσοτικός στο εργαστήριο προσδιορισμός του υπάρχοντος ανθρακικού ασβεστίου και

μαγνησίου, είναι στοιχεία λίαν απαραίτητα για την μελέτη των περισσότερων εδαφών.

Η περιεκτικότητα των εδαφών σε ανθρακικό ασβέστιο κυμαίνεται από ιχνών μέχρι και 70% του συνόλου της εδαφικής μάζας. Εδάφη χαρακτηριζόμενα ως ασβεστούχα τοιαύτα περιέχουν πολλές φορές CaCO_3 σε μικρές μόνο συγκεντρώσεις, σε κάποιους από τους ορίζοντες της κατατομής τους, ή και μεγάλες ποσότητες κατανεμημένες σε όλο το βάθος της κατατομής τους. Τα ασβεστολιθικά τεμαχίδια, ως και τα πεδολογικώς συγκεντρωθέντα εις τι σημείο ή ορίζοντα της κατατομής ασβεστολιθικά συγκρίματα, σπανίως είναι κατανεμημένα ομοιόμορφα σε όλη τη μάζα του εδάφους. Ως εκ τούτου, τα εδαφικά δείγματα, τα όποια πρόκειται να αναλυθούν για τον προσδιορισμό του ανθρακικού ασβεστίου, πρέπει να λιοτριβούνται καλά προς ελάττωση του σφάλματος δειγματοληψίας.

Το CaCO_3 δύναται να βρίσκεται σε όλα τα μηχανικά κλάσματα του εδάφους (άμμο, ιλύ, άργιλο), σε ποσότητες οι οποίες διαφέρουν πολύ μεταξύ τους από κλάσμα σε κλάσμα. Τα πλούσια σε CaCO_3 εδάφη δύναται να χαρακτηρισθούν ως προβληματικά, δεδομένου ότι η περιεκτικότητά τους σε ασβέστιο είναι στενά συνδεδεμένη με υψηλό pH, ενεργό CaCO_3 , αντιδράσεων μεταξύ Ca και στοιχείων απαραίτητων για τη διατροφή των φυτών, ως και αμοιβαίων αντιδράσεων (αλληλαντιδράσεων) με τις ρίζες των φυτών. Γενικώς το pH των πλουσίων σε CaCO_3 εδαφών καθίσταται υψηλότερο όσο αυξάνεται η τιμή της σχέσης νερό/έδαφος. Η ύπαρξη διαλυτών αλάτων στο εδαφικό ύδωρ προκαλεί επίσης υδρόλυση των δι' ασβεστίου κεκορεσμένων ορυκτών της αργίλου. Η υδρόλυση του CaCO_3 καθ' ην παράγονται υδροξυλιόντα, έδειξε ότι είναι πολύ ενδιαφέρουσα αντίδραση προς εκτίμηση και καθορισμό της παραγωγικότητας των πλουσίων σε CaCO_3 εδαφών. Μία τα'ετοια υδρόλυση λαμβάνει χώρα κατά την αντίδραση:

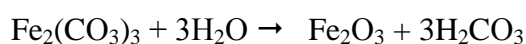
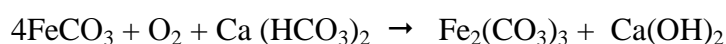


Η διαλυτότητα του CaCO_3 είναι αντιστρόφως ανάλογη της τιμής του pH του εδάφους. Επομένως, σε αλκαλικά εδάφη, τα όποια έχουν pH μεγαλύτερο του 8,3, το υπάρχον CaCO_3 είναι πρακτικώς αδιάλυτο, ελαττώνοντας δε το pH αυτών από της τιμής αυτής, αυξάνεται η διαλυτότητα του ενυπάρχοντος CaCO_3 . Η διαλυτότητα του CaCO_3 αυξάνεται επίσης συναρτήσει της αυξήσεως της πυκνότητας των αλάτων που υπάρχουν στο εδαφικό νερό. Έτσι, αρδεύσεις αλατούχων εδαφών πλουσίων σε CaCO_3 , με νερά πλούσια σε άλατα, πολλές φορές μπορούν να τα βελτιώσουν γρηγορότερα από ότι στην περίπτωση που χρησιμοποιείται νερό φτωχό σε άλατα.

Τέλος, η μεταβολή της διαλυτότητας του CaCO_3 συναρτήσει του pH και των υδατοδιαλυτών αλάτων πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψιν κατά το προσδιορισμό των εναλλακτικών κατιόντων των ασβεστούχων εδαφών.

Εδάφη φτωχά σε CaCO_3 , εάν δεν είναι πλούσια σε οργανική ουσία, παρουσιάζουν δυσμενείς φυσικές ιδιότητες για την ανάπτυξη των περισσότερων καλλιεργειών. Σε τέτοια εδάφη, απαιτείται προσθήκη ασβεστίου προς αποφυγή εμφανίσεως ασθενειών στα φυτά και εμμέσως στα ζώα, καθώς και προς βελτίωση των φυσικών των ιδιοτήτων. Ανθρακικά ορυκτά του ασβεστίου και μαγνησίου, ως λειοτριβηθέν μάρμαρο, ασβεστόλιθος και δολομιτικός ασβεστόλιθος, χρησιμοποιούνται συνήθως ως εδαφοβελτιωτικά όξινων εδαφών πτωχών σε ασβέστιο και μαγνήσιο. Αντιθέτως, δια τη βελτίωση των αλκαλικών εδαφών χρησιμοποιείται ένυδρον θεικόν ασβέστιο (γύψος) του τύπου $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Σε εδάφη πλούσια σε CaCO_3 παρουσιάζεται το φαινόμενο της δεσμεύσεως των φωσφορικών ιόντων, ως Seal της αδρανοποιήσεως του σιδήρου. Έτσι, τα μεν φωσφορικά ιόντα μεταπίπτουν σε αδιάλυτο φωσφορικό ασβέστιο, τα δε διαλυτά ιόντα του σιδήρου (Fe^{2+}) μεταπίπτουν σε αδιάλυτο τριοξειδίο του σιδήρου, αμφότερα δε αυτά δεν είναι αμέσως προσιτά στα φυτά. Μία μετατροπή του Fe^{2+} σε Fe^{3+} μπορεί να παρασταθεί δια των ακόλουθων αντιδράσεων:



Το Fe_2O_3 που σχηματίζεται με αυτό τον τρόπο είναι αδιάλυτο σε αλκαλικό περιβάλλον τα πλούσια δε σε CaCO_3 εδάφη, όπως ήδη έχουμε πει, έχουν pH μεγαλύτερο του 7. Ως εκ τούτου, αυτά τα εδάφη αφ' ενός μεν ευνοούν την οξείδωση του Fe^{2+} σε Fe^{3+} , αφ' ετέρου δε παρεμποδίζουν την πρόσληψη αυτού από τα φυτά, ως μη ευνοούντα τη διαλυτοποίηση του σχηματισθέντος Fe_2O_3 . Ούτω, η παρατηρούμενη χλώρωση τους σε ασβεστούχα εδάφη καλλιεργούμενων φυτών, αποδίδεται κατά σε μεγάλο ποσοστό στην αδρανοποίηση του σιδήρου κατά τις ως άνω πιθανές αντιδράσεις.

Κάποια εδάφη που είναι πλούσια σε ασβέστιο παρουσιάζονται πολλές φορές ως πολύ παραγωγικά για κάποιες συνήθεις καλλιέργειες, όπως βάμβακος σακχαροτεύτλων τεύτλων, τομάτας, αραβοσίτου και λειβαδοπονικών φυτών. Αντιθέτως, άλλες καλλιέργειες (εσπεριδοειδών, ροδακινιάς, δαμασκηνιάς, μπιζελιών, φασολιών, σόργου, καλλωπιστικών θάμνων και ανθέων) υποφέρουν από οξεία

έλλειψη σιδήρου, όταν καλλιεργούνται σε πλούσια σε ασβέστιο εδάφη. Το τυπικό κιτρίνισμα των φύλλων, υπό συνθήκες παρουσίας ανθρακικού ασβεστίου σε μεγάλες ποσότητες, χαρακτηρίζεται ως χλώρωση ασβεστίου, συνοδεύεται δε συνήθως από έλλειψη σιδήρου στα φύλλα. Ταύτα, υπό την προϋπόθεση ότι καμία υπόθεση πλήρως ελεγμένη δεν έχει προταθεί μέχρι σήμερα προς εξήγηση του φαινομένου κατά το οποίο παρουσιάζεται χλώρωση σε κάποια μόνο εδάφη πλούσια σε CaCO_3 και όχι σε όλα.

Τα αδιάλυτα σε νερό ανθρακικά άλατα του εδάφους συνίστανται συνήθως από CaCO_3 , MgCO_3 και $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$. Επειδή τα ανθρακικά άλατα του μαγνησίου συνήθως βρίσκονται στο έδαφος σε μικρές μόνο ποσότητες, γι' αυτό ως ανθρακικό ασβέστιο χαρακτηρίζεται και προσδιορίζεται το σύνολο των ανθρακικών αλάτων, ανεξαρτήτως του είδους του κατιόντος των. Ο διαχωρισμός τους κρίνεται απαραίτητος σε περιπτώσεις ερευνητικής εργασίας, όταν με αυτήν επιζητάται η γνώση του ενυπάρχοντος μαγνησίου, ή η σχέση Ca/Mg .

Το CaCO_3 σπανίως βρίσκεται σε εδάφη που έχουν pH μικρότερο του 7,0. Γηγενή εδάφη που έχουν pH 7,0 έως 7,5 περιέχουν συνήθως μικρές ποσότητες CaCO_3 . Η τιμή του pH των εδαφών τα οποία περιέχουν CaCO_3 και, όχι Na_2CO_3 ανέρχεται σε 8,0 περίπου, αν και θεωρητικά ένα pH ελαφρώς μεγαλύτερο του 8,3 είναι δυνατόν. Γενικά, σε εδάφη που έχουν pH μεγαλύτερο του 7,0 απαιτείται ο ποσοτικός προσδιορισμός του υπάρχοντος CaCO_3 για να διαπιστωθεί η κατάλληλη μέθοδος η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ολικής εναλλακτικής ικανότητας αυτών σε κατιόντα.

Υπολογισμός των αποτελεσμάτων. Το σύνολο των υπάρχοντων ανθρακικών αλάτων, εκφρασμένο σε ισοδύναμο CaCO_3 , υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Ισοδύναμο } \text{CaCO}_3 \text{ σε gr. \%} = \frac{A}{B} \times 0,0044 \times 100$$

$A = \text{ml. } \text{CO}_2 \text{ εκλυθέντα και μετρηθέντα με το ασβεστομέτρο.}$

$B = \text{gr. χρησιμοποιηθέντος εδαφικού δείγματος.}$

$0,0044 = \text{Συντελεστής μετατροπής ενός ml. } \text{CO}_2 \text{ σε gr. } \text{CaCO}_3.$

Ταξινόμηση των εδαφών. Τα εδάφη επί τη βάσει της περιεκτικότητας αυτών σε ισοδύναμο ανθρακικό ασβέστιο μπορούν να ταξινομηθούν ως ακολούθως:

α) *Ανεπαρκώς εφοδιασμένα*, ισοδύναμο CaCO_3 σε gr. % < 0,5

β) <i>Μετρίως εφοδιασμένα</i> , ισοδύναμο CaCO ₃ σε gr. %	0,5 - 2,0
γ) <i>Εφοδιασμένα</i> , ισοδύναμο CaCO ₃ σε gr. %	2,0 - 20 0
δ) <i>Μάργαι</i> , ισοδύναμο CaCO ₃ σε gr %	20,0 – 40,0
ε) <i>Ασβεστούχα</i> , ισοδύναμο CaCO ₃ σε gr %	> 40,0

Ενεργό ανθρακικό ασβέστιο

Η ποσότητα του οξαλικού ανιόντος, η οποία συγκρατείται από κάποιο έδαφος, όταν αυτό κατεργασθεί με διάλυμα οξαλικού αμμωνίου, βρίσκεται σε στενή σχέση με το φαινόμενο της χλωρώσεως η μη των φυτών, τα όποια καλλιεργούνται σε αυτό. Έτσι, ή εν λόγω δοκιμασία προτάθηκε ως μέτρο εκτιμήσεως του ενεργού ανθρακικού ασβεστίου των εδαφών, το οποίο έδειξε ότι έχει άμεση σχέση με το φαινόμενο της χλωρώσεως. Η μέθοδος αυτή έχει θεωρητική βάση, αν και δεν χρησιμοποιείται σήμερα διεθνώς. Με τον όρο ενεργό ανθρακικό ασβέστιο χαρακτηρίζεται το ποσοστό εκείνο του CaCO₃ το οποίο βρίσκεται σε λεπτότατο διαμερισμό και ασκεί επίδραση επί του ριζικού συστήματος των φυτών. Η ανωτέρω έννοια είναι αυταπόδεικτη, εάν κανείς συγκρίνει την υπάρχουσα διαφορά μεταξύ των μεγάλων τεμαχιδίων του CaCO₃ του εδάφους, τα όποια έχουν μικρή ειδική επιφάνεια, και των λεπτοτάτων τεμαχιδίων του CaCO₃, τα όποια έχουν πολύ μεγάλη ειδική επιφάνεια.

Η δυσμενής επίδραση της μεγάλης περιεκτικότητας ενός εδάφους σε ενεργό ανθρακικό ασβέστιο υφίσταται δι' όλα τα είδη των καλλιεργειών, αλλά ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στο σημείο αυτό όταν πρόκειται για καλλιέργειες πολυετούς διάρκειας, όπως η άμπελος και οι δενδρώδεις καλλιέργειες. Έτσι, η αποτυχία μιας καλλιέργειας του είδους αυτού θα είναι πολύ περισσότερο επιζήμια για την οικονομία του αγρότη.

Ταξινόμηση των εδαφών. Τα εδάφη, αναλόγως της περιεκτικότητάς τους σε ενεργό ανθρακικό ασβέστιο, χαρακτηρίζονται ως ακολούθως:

α) Εδάφη περιέχοντα ενεργό CaCO₃ μέχρι 7,5 gr. % θεωρούνται ως κατάλληλα για την ομαλή ανάπτυξη των περισσότερων δενδρωδών καλλιεργειών.

β) Εδάφη που περιέχουν ενεργό CaCO₃ 7,5 έως 12,0 gr. % χαρακτηρίζονται ως ικανά να προκαλέσουν χλώρωση στα μη ανθεκτικά φυτικά είδη.

γ) Εδάφη: που περιέχουν ενεργό CaCO₃ σε ποσότητα άνω των 12,0 gr. % κρίνονται ως επικίνδυνα και γι' αυτά ακόμη τα ανθεκτικά σε ασβέστιο φυτά.

Οργανικά και Χουμικά

Εμπορική Ονομασία	Δοσολογία 100 lt νερό	Σύνθεση	Εμπορικός Οίκος
ΑΓΚΡΟ ΛΙΓΚ		Εδαφοβελτιωτικό	ΓΕΩΦΑΡΜ
AZOMIN		32% αμινοξέα	ΑΓΚΡΟΖΑ
ΑΜΙΝΟΞΕΑ ΑΖΩΤΟΥ		Αμινοξέα 20%	ΑΓΡΟΧ.ΚΡΗΤΗΣ
ΑΜΙΝΟΞΕΑ ΦΩΣΦΟΡΟΥ		Αμινοξέα 8,6%, P 16%	ΑΓΡΟΧ.ΚΡΗΤΗΣ
ΒΙΟΛ-ΛΙ		Χουμικά-φουλβικά 24%,οργ. άνθρακας 47%,ΙΧΝ.3%,N-P-K-Mg-Ca 17% κλπ.	ΒΙΟ-ΛΙ
ΒΙΟΛ-ΛΙ		Χουμικά 1,46%, φουλβικά 9.58%	ΒΙΟΛ-ΛΙ
ΒΙΟΦΕΡΤΙΑ	200-300 κιλά/στρ.	3-5 N, 4 K ₂ O, 1 MgO, 5-6 Ca, ΙΧΝ.	3Α ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ
ΕΝΕΡΓΚΟ		Υγρός χούμος	ΓΕΩΦΑΡΜ
ΚΟΠΡΟ-ΛΙΠ		Οργαν. ουσία 80,60. ΙΧΝ	ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΗΣ
ΣΕΛΕΓΙΝ		Οργαν.ουσία από φύκη	ΣΕΓΕ
ΤΥΡΦΗ		Οργαν. ουσία 67%, ΙΧΝ.	ΓΙΑΝΝΙΚΟΣ
ΧΙΟΥΚ	700-1200 cc/στρ.	12% Χουμικά οξέα	ΧΕΛΛΑΦΑΡΜ
ΧΟΥΜΟΝΑ		Οργαν. ουσία, N-P-K, ΙΧΝ.	ΕΥΡΥΧΗΜ
E- 2001		Μικροβιακό σκεύασμα	ΕΛΒΙΕΜΕΚ
ΑCΙDΑM ΑVС		30% οργ. ουσίες, 50% θείο	INTRACHEM
ΑGΡΟHUM		62% οργ.ουσία, 9% φουλβικά, 1% χουμικά	ΑΓΚΡΟΖΑ
ΑLGA		Εκχυλίσματα φυκών	ΑΓΚΡΟΖΑ
ΑLGIТ SUPER		N 1,5%, P 0,05%, K 2,5%	ΒΙΟΡΓΕΞ
ΑMINE		N 6%	

AMINOCOMPLEX		30% αμινοξέα, ζωϊκής προέλευσης	VETERIN
AMINOCOMPLEX PLUS		8% αμινοξέα +8% N+8%P+6% K	VETERIN
AMINOVIT		Αμινοξέα 30%	ΠΑΠΑΟΙΚΟΝΟΜΟΥ
AVANTI		Αμινοξέα 24%, Πεπτίδια και Πολυπεπτίδια 26%, N 8%	ΕΥΘΥΜΙΑΔΗΣ
BEST BASE		Αμινοξέα, πρωτεΐνες, βιταμ., ορμόνες, IXN. κλπ.	BIOEPΓΕΞ
BIOHUM		Χουμικά, Φουλβικά, αμινοξέα, βιταμίνες, IXN.	ΣΕΓΕ
BIOLIGHT		60% αμινοξέα, βιταμ., IXN., αυξένες	ΑΓΚΡΟΖΑ
BIOMIX-HUMUS		5%, Χουμικά-Φουλβικά	
BIOSOL		Οργ.ουσία 70%, N. 6-7%, P 1-2%, Mg 1-2%, Ca 1%	ΤΟΠΙΟ
CIFAMIN		Αμινοξέα, βιταμ., αυξένες, IXN.	ΑΓΚΡΟΖΑ
CTA-HUMUS		Χουμικά 10%, Φουλβικά 5%	ΑΓΡΟΧ. ΚΡΗΤΗΣ
EARTHCARE-2000		Οργανικά, βιταμ., ένζυμα, χουμικά, IXN	ΑΓΚΡΟΦΑΡΜ
ERGOSTIM		Κυστεΐνη 5%, Φολικό οξύ 0,1%	ΠΑΠΑΟΙΚΟΝΟΜΟΥ
F- 100 SPECIAL		10-6-2+CaCO ₃ 3%+MgCO ₃ 3%+ IXN.+χουμικά-φουλβικά οξέα-χουμίνες 43%	GE.FY.BI
F-100 SUPER		12-8-4+CaCO ₃ 3%+MgCO ₃ 3%, χουμικά-φουλβικά-χουμίνες 43%	GE.FY.BI
FERTEX AMI	250 cc/στρ.	51% αμινοξέα ζωϊκής προελ.	

FERMAC		Οργανικά 17, Θευκός Fe 13%, MgO 4%, Zn 0,5%, Mn 0,02	ΓΑΒΡΙΗΛ
FERMAC COMPLEX		4% MgO, 13% Fe, 1,5% Mn, 0,2% Zn, 17% οργανική ουσία	ΖΙΟΥΤΑΣ-ΚΟΝΤΟΣ
FERTEX 80	100 γραμ./στρ.	Χουμικά οξέα από λεοναρδίτη	ΑΒΑΚΟ
FERTEX THA	2 λίτρο/στρ.	Χουμικά οξέα από λεοναρδίτη	ΑΒΑΚΟ
FERTISOL AMINE		Αμινοξέα 415, χουμικά-φουλβικά 18%	ΓΑΒΡΙΗΛ
FITOFARMA ORG-306		Οργ.Ν.3%, Κ 6%, Οργ.ουσία 60% ένζυμα	ΑΓΚΡΟΦΑΡΜ
FRUTAMINA	100-200 κ.εκ.	30% αμινοξέα ζωικής προέλευσης	BAYER
GEO-HUMIXAN		Χουμικά - οξέα 20%	GEO HUMUS
GEO-HUMOSPEED		Χουμικά - οξέα 80%	GEO HUMUS
GEO-HUMUS		Οργ.ουσία 100%+βιταμίνες, αμινο-ξέα, ένζυμα, μικροοργανισμοί	GEO HUMUS
GEO-HUMUS ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΗΣ		Οργ.ουσία 58%, Χουμικά 11- 12%+ Μικροοργανισμοί, βιταμίνες, ορμόνες	GEO HUMUS
GEO-MIX		10-10-10+ οργ.ουσία 58% + χουμικά-φουλβικά 10%, μικροοργανισμοί, βιταμίνες, ορμόνες	GEO HUMUS
GEPAVIT HUMICO		32,5% χουμικά-φουλβικά οξέα	ΖΙΟΥΤΑΣ-ΚΟΝΤΟΣ
GROW-MORE-ΧΟΥΜΙΚΟ ΟΞΥ		Χουμικό οξύ 12%	ΤΟΠΙΟ

GROW-MORE-ΧΟΥΜΙΚΟ ΟΞΥ		Χουμικά 70%, Φουλβικό 11%	ΤΟΠΙΟ
HUMI PLUS		Χουμικά οξέα 65%	ΣΕΓΕ
HUMIT		Χουμικά και φουλβικά οξέα 60%	ΛΑΜΠΡΙΝΟΣ
HUMITAN		Χουμικά 62-71	ΒΙΟΛΜΕΤ
HUMORTEL		Υγρός χούμος	ΒΙΟΛΜΕΤ
HUMUS 80 WP		Χουμικά 80%, Ca 2,7%, Fe 0,45%, Mg 0,55%	ΦΙΛΟΚΡΟΠ
IDROGRENA		Οργαν.ουσία 18%, N 3%, χουμικά-φουλβικά 5%, οργαν. άνθρακας 10%	ΓΑΒΡΙΗΛ
KELPAK		Προέρχεται από φύκη	ACT. BIOCHEM
LICORN		N οργανικό 10%, αμινοξέα 28% 10-10-10+Mg01%+CaO 3%+IXN+οργ.ουσία 14% + βιοκαταλύτη	FARMA-CHEM GE.FY.BI
MAXICROP		Οργανικό από φύκη θαλάσσης	ΕΛΛΑΓΡΕΤ
MAXICROP COMPLETE		MAXICROP +5-5-5	ΕΛΛΑΓΡΕΤ
MAXICROP PLUS		MAXICROP +N 17%	ΕΛΛΑΓΡΕΤ
MECAFOL	250 cc/στρ.	28% αμινοξέα φυτικής προελ.	ΑΒΑΚΟ
METAPLASTIS		Οργ. ουσίες 81%, 2-2-1, CaCO ₃ 3% +MgCO ₃ 3% + IXN.	GE.FY.BI
MICRO - 700		Εκχύλισμα φυκών 30%, IXN	Γ.Ε. ΑΛΑΓΝΙΟΥ
MOL		Χουμικά 15%, Οργ.ουσία 50%	ΑΓΡΟΧ. ΚΡΗΤΗΣ
NATURVITAL	1 λίτρο/στρ.	Μίγμα χουμικών και φουλβικών οξέων από λεοναρδίτη	BAYER

		16%	
NEGRO		Χουμικά 7,5%	ΑΓΡΟΧ. ΚΡΗΤΗΣ
NEW GREEN		N 44%, οργανική ουσία, χουμικά, αμινοξέα κλπ.	ΣΕΓΕ
NITROZYME		Ενεργοποιητής	ΒΙΟΛΜΕΤ
OLIBACTER		Αμινοξέα 30%, Χουμικά-Φουλβικά 16%	ΓΑΒΡΙΗΛ
PERFECTOSE	100 cc/στρ.	Βιορυθμιστής με βάση τη καζεΐνη	ΑΒΑΚΟ
SIARTON 10L		Υδρ. πρωτεΐνες 53-56%, ΙΧΝ.	ΑΓΡΟΧ. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ
SINERGON - 2000		10% αμινοξέα, εκχυλ. φυκών,βιταμ., ΙΧΝ.	ΑΓΚΡΟΖΑ
SUPEROZYNE		Εκχ. φυκών, 0,5-4-5, ΙΧΝ., βιταμίνες	ΕΛΒΙΕΜΕΚ
TERRA-SORB 4		Οργαν. σκεύασμα αμινοξέων	ΚΑΝΔΗΛΙΔΗΣ
TERRA-SORB FOLIAR		Οργαν. σκεύασμα αμινοξέων	ΚΑΝΔΗΛΙΔΗΣ
VIOFERTON		6%N, 0,1% θεαμίνη, 0,1% νικοτινικό οξύ, 3% νιτρικό άλας βόρακας, αυξητικοί παράγοντες, αμινοξέα, ΙΧΝ.	VIOSEED
VITA CROP		10% N, 8% P, 7% K αμινοξέα, ένζυμα, οργανικά οξέα, βιταμίνες	VETERIN
VIVA	2-3 λίτρο/στρ.	35% οργανικές ενώσεις	ΑΒΑΚΟ
ΧΟΥΜΟΛ	2 λίτρο/στρ.	Μίγμα χουμικών οξέων	ΠΑΠΑΟΙΚΟΝΟΜΟΥ

ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η ανόργανη θρέψη αφορά κυρίως τα στοιχεία που προσλαμβάνουν τα φυτά από το έδαφος με το ριζικό σύστημα. Από τα στοιχεία που υπάρχουν στη φύση μόνο 16 από αυτά είναι απαραίτητα στα φυτά. Επίσης υπάρχουν στοιχεία που προσλαμβάνονται χωρίς να είναι απαραίτητα. Κάποια από αυτά όταν προσλαμβάνονται σε υπερβολικές ποσότητες προκαλούν τοξικά φαινόμενα, όπως για παράδειγμα το Αργίλιο.

Όταν κάποιο στοιχείο βρίσκεται στους ιστούς του φυτού σε ποσότητες μικρότερες από τις κανονικές, έτσι ώστε να επηρεάζονται βασικές λειτουργίες του, τότε λέμε ότι υπάρχει έλλειψη του στοιχείου αυτού. Τα διάφορα τμήματα του φυτού περιέχουν διαφορετικές ποσότητες στοιχείων. Μεταξύ των οργάνων του φυτού, το φύλλο θεωρείται το σπουδαιότερο όργανο για την εκτίμηση των περισσότερων θρεπτικών στοιχείων, ιδιαίτερα στα πολυετή φυτά όπως τα φυτά της αμπέλου. Μεταξύ ελάσματος του φύλλου και του μίσχου υπάρχουν επίσης μεγάλες διαφορές. Έτσι έχει διαπιστωθεί ο μίσχος είναι πιο πλούσιος σε νιτρικό άζωτο κάλιο, νάτριο, μαγγάνιο και ασβέστιο ενώ το έλασμα είναι πιο πλούσιο σε ολικό άζωτο, φωσφόρο, θείο, μαγνήσιο και σίδηρο. Επίσης ανάλογα με την ηλικία των φύλλων η περιεκτικότητά τους σε θρεπτικά στοιχεία μεταβάλλεται. Έτσι όσο πιο ηλικιωμένα είναι τα φύλλα, τόσο μειώνεται η περιεκτικότητά τους σε άζωτο, φωσφόρο και κάλιο, ενώ η περιεκτικότητά τους σε ασβέστιο, μαγνήσιο και σίδηρο, αυξάνεται.

Η άμπελος είναι ένα φυτό του οποίου οι ανάγκες σε ανόργανα στοιχεία δεν είναι πολύ μεγάλες. Σε σχέση μάλιστα με άλλα καλλιεργούμενα φυτά, όπως για παράδειγμα το καλαμπόκι, οι ανάγκες του είναι πολύ μικρότερες. Επί πλέον το ριζικό σύστημα της αμπέλου καταλαμβάνει μεγαλύτερο όγκο εδάφους απ' ότι ενός μονοετούς φυτού και έτσι ένα πολύ μεγάλο μέρος των αναγκών του σε ανόργανα στοιχεία καλύπτεται από το έδαφος.

Για την εκτίμηση της τροφικής κατάστασης των φυτών σε ότι αφορά πολλά από τα στοιχεία εφαρμόζεται χημική ανάλυση των φύλλων (φυλλοδιαγνωστική).

Η δειγματοληψία γίνεται κατά την άνθηση ή τον περκασμό, αφ' ενός μεν γιατί στα στάδια αυτά οι ανάγκες του φυτού είναι πολύ μεγάλες, αφ' ετέρου δε γιατί

υπάρχει μια σημαντική συσχέτιση των περισσότερων στοιχείων μεταξύ των δύο αυτών βλαστικών σταδίων.

7.1. Ρυθμός απορρόφησης

Τα διάφορα στοιχεία απορροφώνται από το εδαφικό διάλυμα όπου είναι διαλυμένα σ' αυτό. Ενώ όμως η απορρόφηση του νερού γίνεται κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας και τη νύκτα σχεδόν διακόπτεται, η απορρόφηση των στοιχείων είναι περισσότερο ομαλή κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου και προσδιορίζεται από τις ανάγκες της αύξησης και της ανάπτυξης.

Κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου η πρόσληψη είναι κανονική και επεκτείνεται σε όλη την περίοδο της αύξησης και μερικές φορές και στην περίοδο της ωρίμανσης των καρπών.

Μερικές φορές όμως κάποιες ανάγκες καλύπτονται και από ανακατανομή των στοιχείων εντός το φυτού. Έτσι για παράδειγμα εάν έχουμε έντονη απορρόφηση καλίου κατά την άνοιξη, τότε στην περίοδο της ωρίμανσης οι ανάγκες του φυτού καλύπτονται από ανακατανομή και δεν παρατηρείται απορρόφηση. Αντίθετα εάν η απορρόφηση την άνοιξη είναι μειωμένη, τότε παρατηρείται απορρόφηση κατά την περίοδο της ωρίμανσης. Στις περιπτώσεις όμως ξηρασίας κατά την ωρίμανση η πρόσληψη είναι μειωμένη και τότε μπορούν να εμφανιστούν συμπτώματα έλλειψης του στοιχείου αυτού. Συνήθως η ανακατανομή κάποιων στοιχείων παρατηρείται είτε κατά την περίοδο της έναρξης της αύξησης των βλαστών, είτε κατά την περίοδο της ωρίμανσης των ραγών. Οι ποσότητες των στοιχείων που επανακατανέμονται είναι πολλές φορές αρκετά μεγάλες .

Οι ποσότητες του Καλίου που έχουν ενσωματωθεί στα διάφορα μέρη ενός φυτού μπορεί να είναι ανώτερες από αυτές οι οποίες προσλαμβάνονται από το φυτό κάθε χρόνο. Έτσι για παράδειγμα σε ένα ηλικιωμένο φυτό της ποικιλίας Carignan του οποίου οι κληματίδες ζυγίζουν 600g ο κορμός και οι βραχίονες 3,3 Kg και οι ρίζες 800g έχουν υπολογιστεί αντίστοιχες ποσότητες καλίου 5.6, 16.4, και 4.5 γραμμαρίων. Αυτές για μια πυκνότητα φυτών 400 φυτών, ανά στρέμμα αντιστοιχούν σε 11.5kg καλίου το στρέμμα.

Περίπου οι μισές ποσότητες καλίου τις οποίες έχει ανάγκη το φυτό και δεν προσλαμβάνει κάλιο, κινητοποιούνται από τους διάφορους ιστούς. Ιδιαίτερα κατά την περίοδο της ωρίμανσης των ραγών παρατηρείται μείωση των επιπέδων αζώτου και

καλίου στα φύλλα και τους βλαστούς και αύξηση των αντίστοιχων επιπέδων στις ράγες.

7.2. Φυσιολογία της απορρόφησης

Η κίνηση των ανόργανων ιόντων από το εδαφικό διάλυμα προς το φυτό και η είσοδος τους ιστούς της ρίζας ακολουθεί τους νόμους της διάχυσης και της εναλλαγής καθώς επίσης και τους νόμους της ενεργούς πρόσληψης. Το κυτταρικό τοίχωμα αποτελεί έναν χώρο όπου τα δομικά του στοιχεία επιτρέπουν την ανάπτυξη ηλεκτρικών φορτίων κυρίως θετικών. Τα ιόντα κινούνται σ' αυτόν τον χώρο υπακούοντας στους κανόνες της διάχυσης και της εναλλαγής. Η ιονική κατάσταση στους χώρους αυτούς είναι ελαφρώς τροποποιημένη σε σχέση με τον εξωτερικό χώρο. Η φύση των κυτταρικών τοιχωμάτων είναι πηκτινική και κυτταρινική και τα καρβοξύλια τα οποία προέρχονται από πρωτεΐνες, ουρονικά οξέα και ημικυτταρίνες ασκούν ηλεκτροστατικές δυνάμεις στα κατιόντα και απωθούν τα ανιόντα. Η περιοχή λοιπόν αυτή του κυτταρικού τοιχώματος αποτελεί το άμεσο περιβάλλον του κυττοπλάσματος και είναι υπεύθυνη για τον εφοδιασμό του κυττάρου με ανόργανα συστατικά. Συνίσταται λοιπόν από μια υψηλή συγκέντρωση κατιόντων (κυρίως ασβεστίου) και από μια χαμηλή συγκέντρωση ανιόντων. Η ικανότητα αυτή των ριζιδίων να συγκρατούν κατιόντα ονομάζεται CEC των ριζών. Επίσης τα ριζίδια μπορούν και προσλαμβάνουν μερικά ανιόντα (H_2PO_4^- , SO_4^- , και προπάντων NO_3^-) όπου οι συγκεντρώσεις τους στα κυτταρικά τοιχώματα είναι μικρότερες απ' ότι στο εδαφικό διάλυμα.

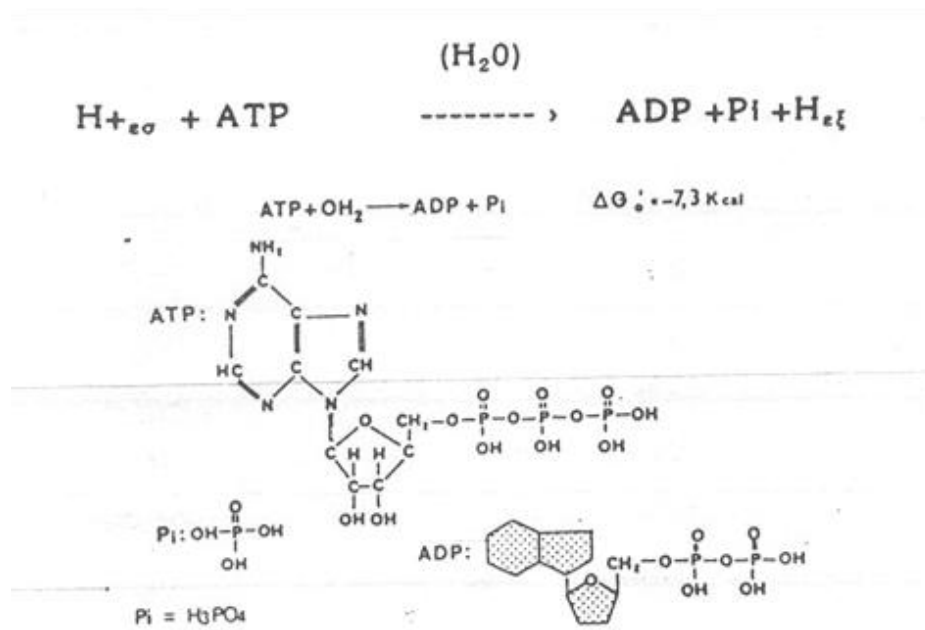
7.3. Ενεργός απορρόφηση

Η μεταφορά ενός στοιχείου από μια περιοχή όπου η συγκέντρωση του είναι χαμηλότερη σε μια περιοχή όπου η συγκέντρωση του είναι υψηλότερη συνιστά την ενεργό απορρόφηση. Η μεταφορά αυτή εξελίσσεται κατά την φορά μιας διαβάθμισης του ηλεκτροχημικού δυναμικού. Η ενέργεια η οποία απαιτείται για την μεταφορά ενός mole κάπου στοιχείου θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με την διαφορά του ηλεκτροχημικού δυναμικού των δύο περιοχών. Στην πραγματικότητα είναι μεγαλύτερη.

Σε αυτό το φαινόμενο καθοριστικό ρόλο παίζει μια ένωση υψηλής ενέργειας, η τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP), η οποία διασπάται απελευθερώνοντας ενέργεια. Η υδρόλυση της ATP συνοδεύεται με μεταφορά ενός πρωτονίου από το εσωτερικό της

κυτταρικής μεμβράνης προς το εξωτερικό και την δημιουργία ηλεκτροχημικού δυναμικού το οποίο βέβαια για να αντισταθμιστεί θα πρέπει να συνοδευτεί από την είσοδο ενός κατιόντος από το εξωτερικό προς το εσωτερικό.

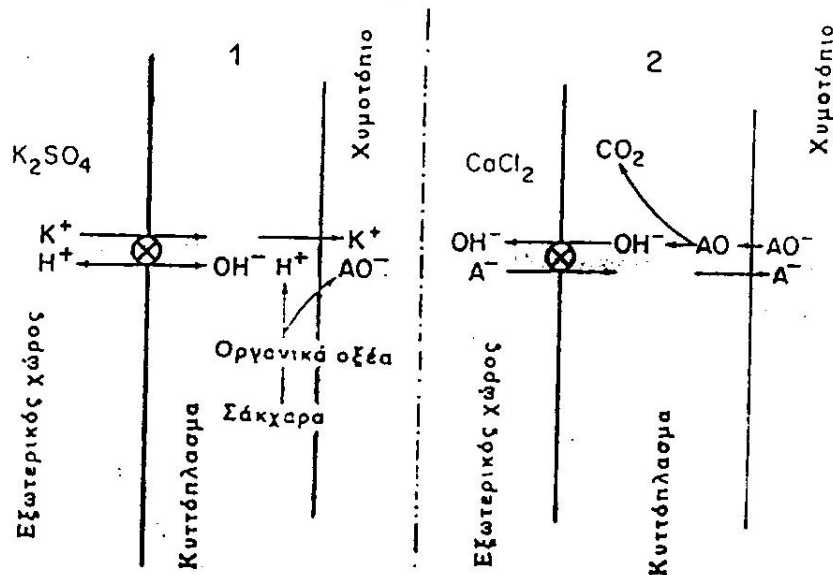
Αυτό μπορεί να αναπαρασταθεί με το σχήμα:



Η απαραίτητη ενέργεια για την είσοδο ενός ιόντος από περιοχές μικρότερης συγκέντρωσης (εξωτερικό περιβάλλον) σε περιοχές μεγαλύτερης συγκέντρωσης (κυττόπλασμα), εξασφαλίζεται από την υδρόλυση της ATP η οποία συνοδεύεται από αποβολή H^+ . Η αποβολή H^+ είναι χαρακτηριστικό του φυτικού κυττάρου και των βακτηρίων και σχετίζεται με την αναγκαιότητα της διατήρησης ενός σταθερού pH στο εσωτερικό των κυττάρων, πράγμα απαραίτητο για την δραστηριότητα των διαφόρων ενζύμων.

Η είσοδος κατά κύριο λόγο κατιόντων στο φυτικό κύτταρο (π. χ. όταν το φυτό διατρέφεται από K_2SO_4), έχει ως αποτέλεσμα την σύνθεση οργανικών οξέων. Η είσοδος αντίθετα ανιόντων, (π.χ. ύπαρξη στο εδαφικό διάλυμα NaCl), έχει ως αποτέλεσμα την αποκαρβοξυλίωση των οργανικών οξέων και τον σχηματισμό OH^- .

Το παρακάτω σχήμα παριστάνει σχηματικά την είσοδο ενός κατιόντος (1) και την είσοδο ενός ανιόντος (2) στα κύτταρα με σκοπό την αποκατάσταση του ηλεκτροχημικού δυναμικού.



Σχήμα 7.1. Σχηματική παράσταση εισόδου των κατιόντων (1) και των ανιόντων (2) εντός των κυττάρων.

7.4. Θρεπτικά στοιχεία

Τα στοιχεία άζωτο, κάλιο, φωσφόρος και μαγνήσιο προσλαμβάνονται σε μεγαλύτερες ποσότητες από τα φυτά και ως εκ τούτου η μέριμνα για τον έλεγχο των ποσοτήτων τους στο έδαφος είναι πιο συχνή.

Μεταξύ αυτών όταν υπάρχει έλλειψη αζώτου, καλίου και φωσφόρου αναστέλλεται η αύξηση ενώ όταν υπάρχει έλλειψη μαγνησίου, παρόλο που εμφανίζονται συμπτώματα δεν αναστέλλεται η αύξηση. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι, έλλειψη φωσφόρου σε σημείο όπου επηρεάζεται η αύξηση είναι σπάνια.

7.4.1. Αζωτο

Είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία δεδομένου ότι συμμετέχει σε ενώσεις τεράστιας σημασίας για το φυτό, όπως οι πρωτεΐνες και τα νουκλεϊκά οξέα καθώς επίσης και σε άλλες σημαντικές ενώσεις

Πίνακας 7.1. Ποσότητες των κυριότερων στοιχείων που προσλαμβάνονται από το αμπέλι ανά στρ. και έτος (Kg)

N	4 - 7		
P	0.4 - 1	1 - 2	P ₂ O ₅
K	4 - 7	5- 8	K ₂ O
Ca	4 - 8	6 - 12	Ca O
Mg	0.6 - 1,5	1 - 2.5	MgO

Το στοιχείο αυτό προσλαμβάνεται από το φυτό κυρίως υπό την νιτρική του μορφή και δευτερευόντως υπό την αμμωνιακή του μορφή. Το νιτρικό άζωτο για να αξιοποιηθεί από το φυτό και να ενσωματωθεί σε ενώσεις υψηλής βιολογικής σημασίας (πρωτεΐνες) θα πρέπει να καταναλωθούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας (περισσότερη από 100Kcal. /mole) η οποία εξασφαλίζεται από την φωτοσύνθεση. Είναι επίσης γνωστό ότι η αναγωγή του νιτρικού σε νιτρώδες απαιτεί ένα mole NADH το οποίο είναι ισοδύναμο με 3 mole ATP και η αναγωγή του νιτρώδους σε αμμωνία απαιτεί 6 ηλεκτρόνια τα οποία προέρχονται από την ανηγμένη φερρεδοξίνη που είναι ισοδύναμο με 12 mole ATP. Έτσι λοιπόν αναπόφευκτα κατά την αναγωγή των νιτρικών καταναλώνονται μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Τότε λοιπόν τίθεται, το ερώτημα γιατί το άζωτο εισέρχεται στο φυτό υπό την νιτρική και όχι υπό την αμμωνιακή μορφή. Μια πρώτη απάντηση θα ήταν ότι η νιτροποίηση είναι ένα εκτεταμένο φαινόμενο στην φύση και είναι ανάγκη τα φυτά να προσαρμοστούν σ' αυτό το καθεστώς. Όμως η ίδια συμπεριφορά παρατηρείται και σε εδάφη που η νιτροποίηση δεν ευνοείται (όξινα, ψυχρές περιοχές). Είναι γνωστό ότι η άμεση ενσωμάτωση των αμμωνιακών ιόντων γίνεται κυρίως στους ιστούς των ριζών και μετακινείται υπό την οργανική τους μορφή στα φύλλα. Έτσι σε συνθήκες μειωμένης πρόσληψης των νιτρικών έχουμε μια μείωση των επιπέδων των οργανικών οξέων στα φύλλα. Η σπαργή όμως των κυττάρων έχει ανάγκη από τέτοιες ενώσεις όπως και σάκχαρα καθώς και ανόργανα άλατα τα οποία για να σχηματιστούν χρειάζονται και ανιόντα. Και τα κυριότερα εκτός των νιτρικών ανιόντα είναι τα θειικά, τα οποία απορροφώνται αργά, τα φωσφορικά τα οποία πολλές φορές είναι σε μικρές ποσότητες στο έδαφος, και τα χλωριούχα τα οποία υπάρχουν σε ποσότητες μόνο σε αλατούχα

εδάφη. Έτσι λοιπόν το νιτρικό ανιόν είναι εκείνο το οποίο μπορεί να εξασφαλίσει και μια ικανοποιητική σπαργή στα φυτά.

Επιδράσεις του αζώτου στην αύξηση και την ανάπτυξη

Η επάρκεια του αζώτου στο έδαφος σε συνδυασμό με τις ευνοϊκές θερμοκρασίες και την επάρκεια νερού, προσδίδει στα φυτά υπερβολική ζωηρότητα, η οποία εκδηλώνεται με τα εξής χαρακτηριστικά:

1. μεγάλη ταχύτητα αύξησης των βλαστών
2. αυξημένο πάχος και μήκος βλαστών
3. αυξημένο μέγεθος φύλλων και φυλλικής επιφάνειας
4. καθυστέρηση της διακοπής της αύξησης των βλαστών και της ωρίμανσης των καρπών
5. σχετική καθυστέρηση της εκβλάστησης
6. αυξημένος αριθμός βλαστανόντων οφθαλμών.

Η ζωηρότητα της βλάστησης επηρεάζει την ποσότητα παραγωγής με έμμεσο τρόπο. Είναι γνωστό ότι αυξάνει τον αριθμό των ανθικών καταβολών στους οφθαλμούς και επίσης τον αριθμό των βλαστανόντων οφθαλμών καθώς επίσης και το επίπεδο καρπόδεσης. Σε ποικιλίες όμως που έχουν την τάση να ανθορροούν, επιτείνεται η ανθόρροια και μειώνεται η παραγωγή.

Άζωτο και υδατικές σχέσεις.

Η αύξηση της πρόσληψης του αζώτου και συνεπώς της ζωηρότητας επηρεάζει τις υδατικές σχέσεις ως εξής :

Αφ' ενός μεν αυξάνει τη ποσότητα του διαπνεόμενου νερού από τα φύλλα, αφ' ετέρου δε αυξάνεται η δύναμη με την οποία απορροφάται το νερό από το έδαφος. Ανεξάρτητα από αυτά, η αυξημένη ζωηρότητα έχει ως αποτέλεσμα, σε περιόδους ξηρασίας, τα φυτά να υποφέρουν περισσότερο από τις μεγάλες απώλειες νερού και να εκδηλώνουν συμπτώματα ξηρασίας.

Η ενσωμάτωση του αζώτου στο φυτό και οι κυριότερες αγρονομικές επιπτώσεις. Γενικώς το υπό την μορφή νιτρικών απορροφούμενο άζωτο, μετατρέπεται γρήγορα σε αμμωνιακό με την βοήθεια ενζύμου το οποίο περιέχει μολυβδαίνιο. Το αμμωνιακό ιόν και, μερικοί υδατάνθρακες που συντίθενται στα φύλλα μετατρέπονται σε αμινοξέα κυρίως στα πράσινα φύλλα στα οποία και συντίθενται. Έτσι όσο ο

εφοδιασμός των φύλλων με μεγάλες ποσότητες αζώτου αυξάνει συγκρινόμενος με αυτόν άλλων στοιχείων η επιπλέον πρωτεΐνη που συντίθεται επιτρέπει στα φύλλα να αναπτύσσονται γρήγορα και να αυξάνουν σε μέγεθος αυξάνοντας συνολικά και την φωτοσυνθετική επιφάνεια.

Αυτή η αύξηση της πρωτεϊνικής σύνθεσης προκαλεί γρήγορη μετατροπή των υδατανθράκων σε πρωτεΐνες και κατά συνέπεια αυξημένη παραγωγή πρωτοπλάσματος και μειωμένες ποσότητες διαθέσιμων υδατανθράκων για την οικοδόμηση των δομικών στοιχείων των κυτταρικών τοιχωμάτων με αποτέλεσμα τα κυτταρικά τοιχώματα να παραμένουν λεπτά (πυκνικό ασβέστιο κυτταρίνες, λιγνίνες κλπ).

Η αύξηση της αναλογίας πρωτοπλάσματος / τοιχωμάτων στα κύτταρα, αυξάνει το μέγεθος των κυττάρων τα οποία έχουν λεπτά κυτταρικά τοιχώματα και δημιουργεί φύλλα περισσότερο χυμώδη και λιγότερο σκληρά και ανθεκτικά. Αυξάνεται επίσης η αναλογία νερού και μειώνεται η περιεκτικότητα σε ασβέστιο σε σχέση με την ξηρά ουσία. Έτσι τα φύλλα αυτά προσβάλλονται ευκολότερα από μύκητες και έντομα και υφίστανται περισσότερες ζημίες από αντίξοες καιρικές συνθήκες όπως ξηρασία, παγετοί κλπ.

Σε ότι αφορά τη ποιότητα της παραγωγής, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι αυξημένες αζωτούχες λιπάνσεις έχουν ως αποτέλεσμα την καθυστέρηση της ωρίμανσης με σημαντικές επιπτώσεις στην ποιότητα των προϊόντων. Επίσης έχει παρατηρηθεί σημαντική μείωση των ανθοκυανών των σταφυλών καθώς επίσης και μείωση της εκχυλισματικότητάς τους κατά την παραγωγή ερυθρών οίνων. Επίσης η ζωηρότητα η οποία προκαλείται από την αυξημένη αζωτούχο λίπανση, έχει ως συνέπεια τη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών ανάπτυξης των μυκητολογικών ασθενειών και κυρίως του βοτρυτή.

Εκτός αυτού βέβαια, σύμφωνα με πρόσφατα αποτελέσματα οι αυξημένες αζωτούχες λιπάνσεις έχουν ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό ισταμίνης και θειαμίνης σε ποσότητες που προκαλούν αλλεργικά φαινόμενα. Ακόμη οι πρόδρομες ενώσεις των αιθυλοκαρβαμιδικών (Αργινίνη και Ουρία) ενοχοποιούνται ως καρκινογόνες ενώσεις.

Έχει αναφερθεί ότι η πρόσληψη αυξημένων ποσοτήτων αζώτου από τα φυτά αυξάνει την περιεκτικότητα του νερού των αγγείων σε κυττοκινίνες και ταυτόχρονα προκαλεί μείωση του αμπισσικού οξέος των φύλλων. Αυτό συσχετίζεται άμεσα με την καθυστέρηση της ωρίμανσης αλλά και του γηρασμού των κυττάρων της σάρκας

των ραγών και ενισχύει την άποψη της ορμονικής βάσης της καθυστέρησης της ωρίμανσης, που παρατηρείται σε περιπτώσεις υπερβολικής ζωηρότητας των φυτών.

Ανάγκες των φυτών σε άζωτο

Έχει διαπιστωθεί ότι η ποσότητα του αζώτου που προσλαμβάνεται από τα φυτά κάθε χρόνο ανέρχεται σε 4-7 κιλά αζώτου το στρέμμα. Κάποιες ποσότητες από αυτό επιστρέφουν στο έδαφος με τα φύλλα, ή ακόμη επενδύονται σε νέους μόνιμους ιστούς (αύξηση του πάχους του κορμού και των βραχιόνων καθώς και του ριζικού συστήματος).

Επίσης σημαντικές ποσότητες του αζώτου του εδάφους χάνονται με τη στράγγιση του νερού στην υπόγεια στάθμη. Οι ποσότητες αυτές ανάλογα με το βροχομετρικό ύψος της περιοχής κυμαίνονται από 2-26 κιλά αζώτου ανά στρέμμα.

Προέλευση του αζώτου

Το άζωτο του εδάφους προέρχεται από τις εξής πηγές:

1. ανοργανοποίηση της οργανικής ουσίας του εδάφους,
2. δέσμευση του αζώτου της ατμόσφαιρας από τα μη συμβιωτικά βακτήρια,
3. μεταφορά αζώτου από την ατμόσφαιρα με τη βροχή.

Οι ποσότητες αυτές συνολικά και εάν προσθέσουμε το άζωτο των φύλλων τα οποία πέφτουν στο έδαφος, κυμαίνεται από 4-17 κιλά το στρέμμα. Λίγο - πολύ γνωρίζουμε τις ποσότητες που απομακρύνονται με τη παραγωγή και το ξύλο του κλαδέματος, όμως δεν είναι δυνατόν να υπολογίζουμε εύκολα το άζωτο που απομακρύνεται με το νερό της στράγγισης καθώς και τις μικρές ποσότητες του αμμωνιακού αζώτου που δεσμεύονται από τα ορυκτά της αργίλου ή αυτές που εκλύονται στην ατμόσφαιρα.

Οργανική ουσία του εδάφους.

Η οργανική ουσία του εδάφους προέρχεται κυρίως από τα φυτικά υπολείμματα και δευτερευόντως από τους ζωικούς οργανισμούς. Η αποικοδόμηση των φυτικών υπολειμμάτων με τη βοήθεια των μικροοργανισμών του εδάφους έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία του χούμου, ο οποίος αποτελείται από οργανικές ουσίες διαφορετικής χημικής σύστασης, σκοτεινού έως μελανού χρωματισμού. Η ποσότητα του εδάφους σε οργανική ουσία κυμαίνεται συνήθως από 1 - 2 %. Η οργανική ουσία βελτιώνει τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους όπως τη δομή και την σταθερότητα της.

Προστατεύει το έδαφος από τη διάβρωση και εφοδιάζει το εδαφικό διάλυμα με ανόργανα θρεπτικά συστατικά και κυρίως με άζωτο. Κάθε χρόνο μια μικρή ποσότητα οργανικής ουσίας (0.1 - 3 %) ανοργανοποιείται και εφοδιάζει το έδαφος με άζωτο, και με άλλα ανόργανα στοιχεία. Η ανοργανοποίηση του οργανικού αζώτου του εδάφους είναι μια διαδικασία η οποία εξελίσσεται με την βοήθεια των βακτηρίων *Nitrosomonas* τα οποία μετατρέπουν την αμμωνία σε νιτρώδη και τα *Nitrobacter* τα οποία μετατρέπουν τα νιτρώδη σε νιτρικά. Η μετατροπή αυτή απελευθερώνει την απαιτούμενη ενέργεια για την αναγωγή του CO₂ από τα βακτήρια.

Στο έδαφος η ποσότητα της οργανικής ουσίας κυμαίνεται από 5-30 τόνους ανά στρέμμα και αυτή μπορεί να αντιστοιχεί σε ποσότητα αζώτου 300 - 1500 κιλά. Από αυτό, μόνο το 1 - 3 % κάθε χρόνο μπορεί να μετατρέπεται σε νιτρικό το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί από τα φυτά. Επομένως ανάλογα με την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία και τον ρυθμό ανοργανοποίησης η συμβολή της οργανικής ουσίας είναι σημαντική.

Σε περιόδους όπου το χειμώνα και την άνοιξη επικρατούν πολλές βροχές, οι απώλειες με την έκπλυση είναι μεγάλες και θα πρέπει να αυξάνονται οι αζωτούχες λιπάνσεις. Αντίθετα σε περιόδους ξηρασίας θα πρέπει να μειώνονται. Υπολογίζεται ότι από την οργανική ουσία παρέχονται 2-10 μονάδες αζώτου ανά στρέμμα. Οι ποσότητες αυτές πέραν από την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία, εξαρτώνται σημαντικά από τις κλιματολογικές συνθήκες.

Γενικά, Λίπανση με άζωτο.

ανάλογα με τη ζωηρότητα των φυτών και τις κλιματολογικές συνθήκες πρέπει να παρέχονται κάθε χρόνο 8-12 μονάδες αζώτου σε αμπέλια με μειωμένη ζωηρότητα. Στις περιπτώσεις με επαρκή ζωηρότητα προσθέτουμε τη μισή περίπου ποσότητα. Για μεγαλύτερες παραγωγές ανά στρέμμα σε επιτραπέζιες ποικιλίες που ξεπερνούν τα 1500 - 2000 κιλά παραγωγής ανά στρέμμα, οι ποσότητες αυτές αυξάνονται ανάλογα.

Οι κλιματικές συνθήκες οι οποίες ευνοούν την ανοργανοποίηση του οργανικού αζώτου και δεν προκαλούν έκπλυση των νιτρικών (ξηρό φθινόπωρο και χειμώνας), θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και ενδεχομένως σε κάποιους αμπελώνες με ικανοποιητική ζωηρότητα να μη χρειάζεται λίπανση. Άλλοτε πάλι σε ποιοτικούς αμπελώνες παραγωγής οίνων ποιότητας με μικρές παραγωγές ανά στρέμμα, εάν η ζωηρότητα εκτιμηθεί ως επαρκής και το έδαφος περιέχει

ικανοποιητικά επίπεδα οργανικής ουσίας (1,5 - 2%), δεν απαιτείται λίπανση με άζωτο.

Το ζητούμενο κατά τη λίπανση, είναι πάντα, το νιτρικό άζωτο μετά την εφαρμογή του στο έδαφος, να φθάσει στο ριζικό σύστημα 15 - 20 ημέρες μετά την εκβλάστηση. Η μετακίνηση του αζώτου σε βάθος είναι διαφορετική ανάλογα με τη μηχανική σύσταση του εδάφους και κυμαίνεται ενδεικτικά, από 2.5mm ανά mm βροχής σε βαριά εδάφη, έως 6 mm σε αμμώδη. Θα πρέπει λοιπόν οι νιτρικές λιπάνσεις να γίνονται περίπου στα τέλη Φεβρουαρίου και οι αμμωνιακές ένα μήνα ενωρίτερα. Σε περιπτώσεις όμως ελαφρών εδαφών και σε περιοχές με μεγάλο σχετικά βροχομετρικό ύψος κατά την άνοιξη, η αζωτούχος λίπανση θα πρέπει να εφαρμόζεται αργότερα.

Οργανικά λιπάσματα

Η ευκινησία των νιτρικών του εδάφους έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές απώλειες αζώτου, ανάλογα με το βροχομετρικό ύψος και των ποσοτήτων των νιτρικών που προστίθενται στο έδαφος υπό τη μορφή λιπασμάτων. Η σωστή εκτίμηση των συνθηκών αυτών έχει μεγάλη σημασία. Για την καλύτερη εκμετάλλευση των αζωτούχων λιπασμάτων στο έδαφος, θα πρέπει αυτά να προστίθενται όχι με μια επέμβαση αλλά σταδιακά. Βεβαίως αυτό δεν είναι πάντα δυνατόν και οι απώλειες είναι αναπόφευκτες. Επί πλέον οι υψηλές ποσότητες αζώτου συμβάλλουν στην αυξημένη παρουσία αμιδίων, στα φυτά, ή ακόμη και τη δημιουργία δυσμενών συνθηκών για την ανάπτυξη των μυκορριζών τα οποία συμβάλλουν σημαντικά στην θρέψη και κυρίως στην πρόσληψη του φωσφόρου.

Η χρησιμοποίηση οργανικών λιπασμάτων μπορεί να αντικαθιστά την ανόργανη λίπανση με ευνοϊκά αποτελέσματα όχι μόνο στην βελτίωση της δομής του εδάφους αλλά και σε μια σταδιακή απόδοση νιτρικών στο εδαφικό διάλυμα δια μέσου της ανοργανοποίησης. Τα οργανικά λιπάσματα επηρεάζουν την οργανική ουσία του εδάφους η οποία με τη σειρά της συμβάλλει στη βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους (δομή, περατότητα, δυνατότητα κατακράτησης νερού κλπ). Επίσης βελτιώνει τις χημικές ιδιότητες του εδάφους αυξάνοντας την CEC, καθώς επίσης και τη βιολογική δραστηριότητα.

Τα επίπεδα της οργανικής ουσίας του εδάφους είναι γνωστό ότι μειώνονται χρόνο με το χρόνο λόγω της ανοργανοποίησης. Αυτή η ποσότητα που κάθε χρόνο ανοργανοποιείται υπολογίζεται σε 100 - 150 κιλά το στρέμμα. Θα πρέπει να

σημειωθεί ότι οι ποσότητες του ξύλου κλαδέματος αν ενσωματωθούν στο έδαφος με ειδικό καταστροφέα μπορούν να συμβάλλουν κατά το 1/3 - 1/2 στην αναπλήρωση των απωλειών της οργανικής ουσίας.

Τα διάφορα φυτικά υπολείμματα, η αποικοδόμηση των οποίων σε πρώτη φάση συνιστά τον ελεύθερο χούμο, παρουσιάζουν μια αναλογία C/N μεγαλύτερη από το 15/1. Η παραπέρα αποικοδόμηση του χούμου και η σταθεροποίηση του από τα εδαφικά μόρια συνιστά τον σταθεροποιημένο χούμο και η αναλογία C/N είναι περίπου 10 /1.

Στα διάφορα οργανικά σκευάσματα όταν η αναλογία C/N είναι μικρότερη του 14, εξασφαλίζουν μια γρήγορη απελευθέρωση αζώτου στο εδαφικό διάλυμα. Όταν η αναλογία αυτή κυμαίνεται μεταξύ 14 και 19 η απελευθέρωση του αζώτου είναι αργή. Μεταξύ 19 και 50 η απελευθέρωση του αζώτου σχεδόν δεν επηρεάζει τα επίπεδα του αζώτου στο εδαφικό διάλυμα

Μια αναλογία C/N μεταξύ 10 και 5 θεωρείται ιδανική για τα οργανικά λιπάσματα και το άζωτο απελευθερώνεται με ικανοποιητικό ρυθμό. Ο ρυθμός ανοργανοποίησης δεν θα πρέπει να είναι έντονος όχι μόνο για να αποφεύγονται οι απώλειες σε άζωτο, αλλά κυρίως να μετριάζεται η ζοηρότητα των φυτών της αμπέλου. Βέβαια κάθε φορά θα πρέπει να σταθμίζεται και το κόστος των προϊόντων αυτών, έτσι ώστε να είναι συμβατό με την πρόσοδο ανά στρέμμα, δεδομένου ότι πρόκειται για σκευάσματα υψηλού κόστους.

Επίσης υπάρχουν και άλλα προβλήματα που άπτονται της χρησιμοποίησης τέτοιων οργανικών σκευασμάτων όπως η περιεκτικότητά τους σε βαρέα μέταλλα, η μικροβιακή τους σύνδεση, καθώς και υπολείμματα φυτοφαρμάκων σε αυτά που προέρχονται από φυτικά υπολείμματα.

7.4.2. Κάλιο

Το κάλιο είναι ένα πάρα πολύ σημαντικό στοιχείο δεδομένου ότι επηρεάζει την οικονομία του νερού στα φυτά. Προσθήκη καλίου στο έδαφος ευνοεί την αύξηση με την προϋπόθεση να υπάρχει επάρκεια αζώτου. Όταν στο έδαφος υπάρχουν μικρές ποσότητες μαγνησίου, τότε υπερβολική ποσότητα καλίου προκαλεί έλλειψη μαγνησίου. Επίσης σε ότι αφορά τις οινοποιήσιμες ποικιλίες, οι αυξημένες καλιούχες λιπάνσεις προκαλούν αύξηση του pH στο γλεύκος και τον οίνο, πράγμα το οποίο επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα των προϊόντων οινοποιίας.

Οι ελλείψεις καλίου διαπιστώνονται από τα χαρακτηριστικά συμπτώματα καθώς και αναλυτικά. Θα πρέπει τα επίπεδα του καλίου στα φύλλα, κατά την άνθηση και τον περκασμό (άνθηση + περκασμός/2) να είναι μεγαλύτερα από 1,2 % σε ξηρά ουσία. Λαμβανομένου υπόψη ότι το κάλιο δέχεται έντονο ανταγωνισμό από το μαγνήσιο, ο λόγος K/Mg θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 3 και 7. Η ξηρασία, το άζωτο και ο όγκος της παραγωγής είναι παράγοντες που επιτείνουν τα συμπτώματα έλλειψης καλίου.

Τα συμπτώματα έλλειψης καλίου στα φύλλα εμφανίζονται συνήθως τον Ιούλιο, όπου τα νέα φύλλα αποκτούν έλασμα μεγάλου πάχους, γίνονται γυαλιστερά και αναδιπλώνονται ελαφρώς. Επίσης παρατηρείται και περιφερειακός μεταχρωματισμός που καταλήγει πολλές φορές σε περιφερειακή ξήρανση.

Το κάλιο του εδάφους.

Από το κάλιο του εδάφους μόνο μια μικρή ποσότητα (1 - 2%) είναι διαθέσιμη στα φυτά. Αυτή η ποσότητα αναφέρεται στο εναλλακτικό κάλιο το οποίο συγκρατείται από τα ορυκτά της αργίλου και καταλαμβάνει ένα μέρος της CEC. Ένα μεγάλο μέρος του καλίου εδάφους δεσμεύεται στα φύλλα της αργίλου κυρίως του τύπου μοντιμοριλλονίτη και ιλλίτη και δεν μπορεί να αποδοθεί εύκολα στο εδαφικό διάλυμα. Αυτή η αδρανοποίηση του καλίου στα ορυκτά της αργίλου ευνοείται από την άνοδο του pH, το ασβέστιο ή την ξηρασία.

Αντίθετα το εναλλακτικό κάλιο, ανάλογα με το ποσοστό με το οποίο συμμετέχει στο σύνολο των εναλλακτικών κατιόντων, αποδίδεται στο εδαφικό διάλυμα περισσότερο ή λιγότερο εύκολα. Έτσι εάν η σχέση K/CEC είναι χαμηλή (μικρότερη του 1%) τότε το κάλιο συγκρατείται έντονα από την άργιλο και μειώνεται ο εφοδιασμός του εδαφικού διαλύματος με επαρκείς ποσότητες ιόντων καλίου. Εάν η ποσότητα αυτή είναι μεγαλύτερη του 4% τότε το εδαφικό διάλυμα εφοδιάζεται ικανοποιητικά με ιόντα καλίου. Ένα μικρό μέρος του καλίου του εδαφικού διαλύματος ανάλογα με τη μηχανική σύσταση του εδάφους χάνεται με το νερό της στράγγισης. Επίσης κατά την προσθήκη του καλίου μέσω των λιπάνσεων, ανάλογα με την περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλο ένα μέρος του δεσμεύεται από τα φύλλα της αργίλου. Στις εδαφικές συνθήκες της μεσογείου, συμπτώματα έλλειψης καλίου παρατηρούνται όταν η σχέση K/CEC είναι μικρότερη του 2% για ελαφρά εδάφη και του 3% για βαριά. Σε ότι αφορά την περιεκτικότητα σε εναλλακτικό κάλιο του εδάφους, μια ενδεικτική περιεκτικότητα που θα μπορούσε να θεωρηθεί ως όριο

είναι 130 – 150 ppm (0.13 – 0.15%). Βέβαια θα πρέπει να λαμβάνεται πάντα υπόψη και η σχέση K/CEC η οποία για ένα αργιλώδες έδαφος στο οποίο έχει υπολογιστεί CEC μεταξύ 100 και 180 meq/Kg μια ποσότητα K/CEC = 4%, θεωρείται ικανοποιητική για τον εφοδιασμό των φυτών με κάλιο. Για ένα αμμώδες έδαφος του οποίου η CEC έχει υπολογιστεί περίπου 50 meq/Kg η ποσότητα K/CEC μπορεί να κατέρχεται μέχρι το 2%. Η μεγάλη ποσότητα αζώτου στο έδαφος μπορεί να προκαλέσει συμπτώματα έλλειψης καλίου σε αμπελώνες όπου τα φυτά δεν εφοδιάζονται κανονικά με κάλιο.

Το κάλιο στα φυτά της αμπέλου.

Ο καλύτερος δείκτης για την τροφική κατάσταση των φυτών είναι τα επίπεδα του καλίου στα φύλλα. Εκτός του ανταγωνισμού που δέχεται το κάλιο από το μαγνήσιο, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι τα διάφορα υποκείμενα προσλαμβάνουν με διαφορετικό τρόπο το στοιχείο αυτό. Επίσης τα επίπεδα του καλίου επηρεάζονται ακόμη από τις ιώσεις, τη τοξικότητα χλωρίου, την χλώρωση κλπ. Έτσι είναι απαραίτητο να γίνεται σωστή παρατήρηση των συμπτωμάτων και να λαμβάνεται υπόψη η υγειονομική κατάσταση των φυτών, οι ιδιαιτερότητες της ποικιλίας καθώς επίσης και η απουσία συμπτωμάτων από ολόκληρο τον αμπελώνα. Για τη διαπίστωση της θρεπτικής κατάστασης του φυτού, συνήθως πραγματοποιείται μια δειγματοληψία κατά το στάδιο του περκασμού. Κατά το στάδιο αυτό η περιεκτικότητα του ελάσματος δεν θα πρέπει να κατέρχεται κάτω από 0.8% σε ξηρά ουσία και των μίσχων κάτω από 1.5 κατά το στάδιο του περκασμού. Επίσης σε ότι αφορά την σχέση καλίου και μαγνησίου το K/Mg θα πρέπει να είναι μεταξύ 2 και 5 στο έλασμα και 3-8 στους μίσχους κατά την περίοδο του περκασμού.

Λίπανση με κάλιο.

Σε αργιλοασβετώδη εδάφη και εφ' όσον προσθέτουμε καλιούχα λιπάσματα κάθε χρόνο θα πρέπει οι ποσότητες του καλίου να αντιστοιχούν περίπου 2 φορές τις ποσότητες που προσλαμβάνονται κάθε χρόνο. Εάν οι επεμβάσεις δεν γίνονται κάθε χρόνο τότε στις περιπτώσεις που παρατηρούνται κάποια συμπτώματα σε μεμονωμένα φυτά θα πρέπει να προσθέτουμε 3 φορές τα ετήσια επίπεδα πρόσληψης.

Σε ελαφρά εδάφη θα πρέπει να μετριάζουμε τις ποσότητες και βέβαια η φυλλοδιαγνωστική καθώς και ο τοπικός πειραματισμός επεμβάσεων καλίου και αζώτου συμβάλλει στο σωστό προσδιορισμό των ποσοτήτων λίπανσης. Σε όξινα

εδάφη δεν πρέπει να προχωρούμε σε καλιούχο λίπανση πριν διαπιστώσουμε συμπτώματα ελλείψεων, ή μια αναλογία K/Mg πλησίον του 3.

Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να φροντίζουμε τα επίπεδα του μαγνησίου στο έδαφος για να αποφεύγονται συμπτώματα έλλειψης καλίου λόγω του ανταγωνισμού.

7.4.3. Φώσφορος

Ο φώσφορος συμμετέχει στη δομή των νουκλεϊκών οξέων σε διάφορες ενώσεις υψηλής ενέργειας που καταλύουν σημαντικές βιολογικές αντιδράσεις, καθώς επίσης αποτελεί συστατικό των φωσφολιπιδίων και των φωσφορυλιωμένων υδατανθράκων.

Ο φώσφορος του εδάφους προέρχεται από τα μητρικά πετρώματα και περιλαμβάνει το 0.6- 1% του βάρους του εδάφους. Οι απώλειες από την έκπλυση είναι σχεδόν μηδενικές. Τα φυτά της αμπέλου απορροφούν 0.6 - 1.8 κιλά κατά στρέμμα. Οι ελλείψεις του στοιχείου αυτού είναι σπάνιες και οι ολικές απώλειες το χρόνο είναι 0.5 - 1.5 κιλά P₂O₅, οι οποίες θα πρέπει να προστίθενται υπό τη μορφή λιπασμάτων. Σε περιπτώσεις ελλείψεων θα πρέπει να προστίθενται 50 κιλά το στρέμμα, ενώ οι συνηθισμένες λιπάνσεις συντήρησης δεν χρειάζεται να ξεπερνούν τα 5 κιλά. Η λίπανση σε βάθος ενδείκνυται πάντα ως πιο αποτελεσματική, δεδομένου ότι ο φώσφορος δεσμεύεται εύκολα στο έδαφος και μετακινείται ελάχιστα. Κατά συνέπεια θα πρέπει να τοποθετείται κοντά στο ριζικό σύστημα. Η εποχή εφαρμογής δεν έχει καμιά σημασία. Σε πυκνές φυτεύσεις το λίπασμα τοποθετείται στο κέντρο μεταξύ των γραμμών ενώ σε αραιές φυτεύσεις τοποθετείται κοντά στην γραμμή φύτευσης.

7.4.4. Μαγνήσιο

Είναι σημαντικό στοιχείο διότι συμμετέχει στη δομή της χλωροφύλλης. Οι ελλείψεις του στοιχείου αυτού δεν αναστέλλουν την αύξηση και εμφανίζονται με χαρακτηριστικά συμπτώματα πρώτα στα φύλλα της βάσης του βλαστού αντίθετα απ' ό τι συμβαίνει στις ελλείψεις καλίου που τα χαρακτηριστικά συμπτώματα εμφανίζονται στα φύλλα της κορυφής. Είναι συνηθισμένες σε όξινα εδάφη όπου το μαγνήσιο εκπλύνεται εύκολα, καθώς επίσης και σε εδάφη που έχουν δεχθεί πλούσιες καλιούχες λιπάνσεις. Στις περιπτώσεις ελλείψεων, τα επίπεδα του Mg στα φύλλα είναι μικρότερα του 0.15% σε ξηρά ουσία και ο λόγος K/Mg > 10. Σε περιπτώσεις

όξινων εδαφών θα πρέπει να προστίθεται δολομίτης σε μεγάλες ποσότητες στο έδαφος (500 - 1000 κιλά το στέμμα).

Η έλλειψη μαγνησίου προκαλεί την γνωστή φυσιολογική ασθένεια η οποία λέγεται ξήρανση της ράχης και εμφανίζεται κατά την εποχή του περκασμού με χαρακτηριστικές ξηράνσεις τμημάτων του βοστρύχου των σταφυλών. Στις περιπτώσεις αυτές, εφαρμόζονται δύο διαφυλλικές επεμβάσεις με θειικό ή νιτρικό μαγνήσιο (0.5%) κατά τον περκασμό με διαφορά δέκα ημερών, όπου το ψεκαστικό διάλυμα κατευθύνεται στις ράγες.

7.4.5. Βόριο

Από τα ιχνοστοιχεία, το βόριο είναι το πιο ενδιαφέρον για την αμπελοκαλλιέργεια, δεδομένα ότι τα όρια έλλειψης, επάρκειας και τοξικότητας είναι πολύ κοντά. Μικρές ποσότητες βορίου πάνω από τα όρια επάρκειας μπορούν να προκαλέσουν συμπτώματα τοξικότητας. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το βόριο στο έδαφος δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα επίπεδα του 1 ppm, ούτε να κατεβαίνει κάτω από 0.5 ppm. Τα κανονικά επίπεδα στα φύλλα κυμαίνονται μεταξύ 20-40 ppm ξηράς ουσίας. Πολύ εύκολα όμως ξεπερνώνται τα επίπεδα επάρκειας μετά από λανθασμένες εφαρμογές τετραβορικού νατρίου (βόρακος), στο έδαφος.

Το βόριο είναι απαραίτητο στοιχείο στα φυτά διότι η έλλειψή του έχει διάφορες επιπτώσεις όπως, τη μείωση της επιμήκυνσης των ριζών και της κυτταροδιαίρεσης των ακραίων μεριστωμάτων, και αναστολή της σύνθεσης των νουκλεϊκών οξέων. Επίσης η έλλειψη βορίου προκαλεί μείωση της ικανότητας βλάστησης των γυρεοκόκκων η οποία έχει ως συνέπεια το χαρακτηριστικό σύμπτωμα που εμφανίζεται με έντονη ανθόρροια και ξήρανση των ταξιανθιών, αφού αποτυγχάνει η γονιμοποίηση των ανθέων. Επίσης ανάλογα με την ένταση της έλλειψης και την ποικιλία παρατηρείται μειωμένη ανάπτυξη των βλαστών, ανεπαρκής ωρίμανση αυτών και ανάπτυξη περισσότερων ταχυφυών. Άλλοτε πάλι παρατηρείται βραχυγονάτωση και ζικ - ζακ μορφή των βλαστών. Στα φύλλα εμφανίζεται αποχρωματισμός κατά κηλίδες πρώτα μεταξύ των νευρώσεων και μετά πιο εκτεταμένα. Παρατηρούνται επίσης αλλοιώσεις και απόφραξη των αγγείων. Πολλές φορές οι κορυφές ξηραίνονται και αναπτύσσονται οι δευτερογενείς άξονες. Οι ράγες των καρπών εμφανίζουν σκούρο πράσινο μεταλλικό χρώμα κατά θέσεις ή στο σύνολο της επιφάνειας τους και τούτο οφείλεται σε εσωτερικές νεκρώσεις. Τελικά οι ράγες

γίνονται μαλακές. Στις περιπτώσεις αυτές τα επίπεδα βορίου στα φύλλα είναι μικρότερα των 10 ppm.

Δεν είναι γνωστός ο βιολογικός ρόλος του βορίου πέραν από τις χαρακτηριστικές του επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών. Όμως πρόσφατα δεδομένα αναφέρουν ότι παίζει καθοριστικό ρόλο στα κυτταρικά τοιχώματα λόγω των ενώσεων που σχηματίζει και τις κυτταρίνες και συγκεκριμένα συμβάλλει στην πλαστικότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων. Επίσης ο ρόλος του σχετίζεται με τον μεταβολισμό της γλυκόζης.

Η έλλειψη βορίου είναι πιο συχνή σε εδάφη με μικρή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και υψηλό pH, ή ακόμη σε εδάφη όξινα όπου το στοιχείο αυτό έχει εκπλυθεί. Επίσης σε περιοχές με μικρό βροχομετρικό ύψος τα επίπεδα βορίου είναι υψηλότερα ενώ αντίθετα σε περιοχές με συχνές βροχοπτώσεις λόγω έντονης έκπλυσης του στοιχείου αυτού τα αντίστοιχα επίπεδα είναι πολύ χαμηλότερα.

Για τη διόρθωση των επιπέδων βορίου στο έδαφος εφαρμόζεται ποσότητα βόρακος από το έδαφος 2 - 6 κιλά το στρέμμα. Μεγαλύτερες ποσότητες ενδεχομένως να προκαλέσουν συμπτώματα τοξικότητας. Ακόμη για πιο άμεσα αποτελέσματα συνιστώνται διαφυλλικές επεμβάσεις 0.5%, 3 - 4 φορές πριν την άνθηση.

7.4.6. Σίδηρος

Είναι απαραίτητο στοιχείο για τη σύνθεση της χλωροφύλλης και συμμετέχει στα κυττοχρώματα και την φερεδοξίνη. Η έλλειψη του στοιχείου αυτού προκαλεί τα γνωστά συμπτώματα που εμφανίζονται με την μορφή της χλώρωσης. Η φυσιολογική αυτή ασθένεια η οποία φέρει το χαρακτηριστικό όνομα χλώρωση σιδήρου αρχίζει με ένα γενικό κιτρίνισμα των νέων φύλλων κατά την εποχή της έντονης αύξησης των βλαστών και σε πιο σοβαρές περιπτώσεις με ξήρανση των φύλλων και μείωση της ζωηρότητας των φυτών.

Η χλώρωση του σιδήρου συνήθως δεν οφείλεται στην πραγματική έλλειψη σιδήρου στο έδαφος αλλά στην αδιαλυτοποίηση του από το ανθρακικό ασβέστιο, το οποίο ρυθμίζει καθοριστικά το pH του εδάφους. Ο σίδηρος του εδάφους βρίσκεται υπό την μορφή διαφόρων υδροξιδίων και οξιδίων του σιδήρου και σχεδόν στην ολότητα του είναι αδιάλυτος.

Ο ολικός σίδηρος συνεπώς δεν μπορεί να χαρακτηρίσει και την διαθεσιμότητά του προς τα φυτά. Η εκτίμηση της μικρής ποσότητας που είναι διαθέσιμη στα φυτά βασίζεται στην εκχύλιση του με διάφορα εκχυλιστικά μέσα. Επίσης η περιεκτικότητα

του στοιχείου αυτού στα φύλλα δεν μπορεί να χαρακτηρίσει τις περιπτώσεις έλλειψης ή επάρκειας γιατί συμβαίνει πολλές φορές ο σίδηρος να βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, αλλά να αδρανοποιείται εντός των ιστών των φύλλων από άγνωστους μηχανισμούς οι οποίοι προκαλούν χλώρωση.

Από το άλλο μέρος, η πρόσληψή του, εξαρτάται, από την ικανότητα των ριζών να διαλυτοποιούν το σίδηρο. Τα διάφορα υποκείμενα της αμπέλου διαφέρουν ως προς την ικανότητα αυτή. Έτσι είναι απαραίτητη η εκλογή του κατάλληλου υποκειμένου η οποία βασίζεται κυρίως στην εκτίμηση του ανθρακικού ασβεστίου του εδάφους και διαφόρων ποσοτήτων σιδήρου που εκχυλίζονται με διάφορα εκχυλιστικά μέσα.

Στην αμπελοκαλλιέργεια, από εδαφολογικής άποψης, διακρίνουμε δύο κατηγορίες χλώρωσης:

- Παρουσία σε βάθος ενός ορίζοντα πιο πλούσιου σε ανθρακικό ασβέστιο. Στις περιπτώσεις αυτές η χλώρωση εμφανίζεται σε ξηρές χρονιές αφού το επίπεδο πρόσληψης μετατοπίζεται σε βαθύτερα στρώματα όπου έχουμε συγκέντρωση μεγαλύτερων ποσοτήτων ασβεστίου. Στις περιπτώσεις αυτές τα χλωρωτικά φαινόμενα διαρκούν όλο το καλοκαίρι.
- Πιο συχνά η χλώρωση εμφανίζεται ως φαινόμενο προσωρινό όπου παρατηρείται κατά την άνοιξη όταν οι βλαστοί αναπτύσσονται έντονα, σε χρονιές υγρές και σε ζώνες περιορισμένες. Το έδαφος αυτών των ζωνών παρουσιάζει ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως υψηλή περιεκτικότητα σε ολικό ανθρακικό ασβέστιο ή ενεργό ανθρακικό ασβέστιο, υψηλό pH, και μεγάλη περιεκτικότητα σε διττανθρακικά ιόντα (HCO_3^-), π.χ. από 120 - 700ppm. στο εδαφικό διάλυμα.

Άλλοι παράγοντες οι οποίοι ευνοούν την χλώρωση είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες, και αυξημένη υγρασία του εδάφους η οποία εγκαθιστά ασφυκτικές συνθήκες στο ριζικό σύστημα. Η χλώρωση θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με την εκλογή του καταλλήλου υποκειμένου. Εάν παρ' όλα αυτά εμφανιστεί στον αμπελώνα, η αντιμετώπιση της είναι δύσκολη διότι απαιτεί συνήθως διαφυλλικές επεμβάσεις οι οποίες επαναλαμβάνονται πολύ συχνά. Συνιστώνται από 3-5 επεμβάσεις με 0.6 - 0.7% θειικό σίδηρο, οι οποίες γίνονται κατά την περίοδο της ταχείας ανάπτυξης των βλαστών και σε χρονικά διαστήματα 5-7 ημερών.

Οι επεμβάσεις από το έδαφος είναι επίσης αντιοικονομικές διότι απαιτούνται μεγάλες ποσότητες θεικού σιδήρου (10L διαλύματος 10% θεικού σιδήρου ανά φυτό). Επίσης αντιοικονομικές είναι και οι επεμβάσεις με χηλικές μορφές σιδήρου).

7.5. Προβλήματα όξινων εδαφών

Σε όξινα εδάφη με χαμηλή εναλλακτική ικανότητα παρατηρούνται προβλήματα που οφείλονται βασικά στην έλλειψη των δισθενών κατιόντων Ασβεστίου και Μαγνησίου του Βορίου, καθώς επίσης και στις τοξικές συγκεντρώσεις Μαγγανίου, Αργιλίου και πιο σπάνια Χαλκού.

Έλλειψη κατιόντων.

Σε ότι αφορά την έλλειψη δισθενών κατιόντων τα συμπτώματα στα φύλλα μοιάζουν με αυτά της έλλειψης Μαγνησίου οι οποίες συνοδεύονται με περιφερειακές νεκρώσεις του ελάσματος. Οι νεκρώσεις αυτές σιγά - σιγά επεκτείνονται σε όλο το έλασμα και αργότερα τα φύλλα πέφτουν. Τα αναλυτικά χαρακτηριστικά άλλων φύλλων στις περιπτώσεις αυτές εμφανίζονται με χαμηλές συγκεντρώσεις Μαγνησίου, Ασβεστίου οι οποίες συχνά συνοδεύονται με υψηλές συγκεντρώσεις Καλίου. Η αντιμετώπιση αυτών των ελλείψεων συνίσταται στην προσθήκη μεγάλων ποσοτήτων δολομήτη στο έδαφος για την αποκατάσταση του Μαγνησίου και του ασβεστίου με παράλληλα διόρθωση του pH. Σε ότι αφορά τις τοξικές συγκεντρώσεις μερικών στοιχείων οφείλονται στη διαλυτοποίησή τους λόγω του χαμηλού pH.

7.5.1. Τοξικότητα Μαγγανίου

Η τοξικότητα Μαγγανίου εμφανίζεται με χαρακτηριστικά συμπτώματα στα φύλλα, τα οποία αναδιπλώνονται παραμένουν μικρά και τελικά πέφτουν. Επίσης ο ποώδης βλαστός γίνεται σκουρόχρωμος λόγω της εμφάνισης σκούρων μελανών κηλίδων. Η ανάλυση των φύλλων εμφανίζει υψηλές συγκεντρώσεις Μαγγανίου που φθάνουν τα 200 - 500 ppm. Οι κανονικές συγκεντρώσεις είναι 10 - 20 ppm. Το χαμηλό pH και η αναεροβίωση ευνοούν την εμφάνιση διαλυτών μορφών Μαγγανίου. Η διόρθωση του pH του εδάφους είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού.

7.5.2. Τοξικότητα Αργιλίου

Η πτώση του pH του εδάφους σε χαμηλά επίπεδα (κάτω του 5), έχει ως αποτέλεσμα την υδρόλυση του Αργιλίου και την εμφάνιση συμπτωμάτων τοξικότητας. Το Αργίλιο εμποδίζει την ανάπτυξη των φυτών της αμπέλου ακόμη και όταν προσλαμβάνεται σε μικρές ποσότητες. Το Αργίλιο δεν μετακινείται προς το υπέργειο τμήμα των φυτών, παραμένει στις ρίζες και κατά συνέπεια η ανάλυση των φύλλων δεν βοηθά στην διαπίστωση της τοξικότητας Αργιλίου. Δεν υπάρχουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά συμπτώματα τοξικότητας, παρά μόνο η μειωμένη ανάπτυξη των ριζών και του και του υπεργείου τμήματος των φυτών.

7.5.3. Τοξικότητα Χαλκού

Οφείλεται στο γεγονός ότι ο Χαλκός, ο οποίος προέρχεται από τις επεμβάσεις για την καταπολέμηση των μυκητολογικών ασθενειών, λόγω της μικρής διαλυτότητάς του συσσωρεύεται στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους. Σε όξινο pH διαλυτοποιείται και επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη κυρίως των νεαρών φυτών. Τα ηλικιωμένα φυτά λόγω βαθύτερου ριζικού συστήματος επηρεάζονται λιγότερο. Και στην περίπτωση της τοξικότητας του χαλκού επιβάλλεται η ανύψωση του pH του εδάφους. Επίσης στα όξινα εδάφη θα πρέπει να περιορίζονται οι συχνές επεμβάσεις με χαλκό και να προτιμούνται ενώσεις χαλκού με μικρή περιεκτικότητα σε μεταλλικό χαλκό.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο ρόλος και η σπουδαιότητα της οργανικής ουσίας του εδάφους είναι πράγματα γνωστά. Είναι ακόμη γνωστό ότι με την προσθήκη οργανικών υλικών στο έδαφος, προσφέρονται στοιχεία στα φυτά που ή τα ίδια περιέχουν ή με την επίδραση που ασκούν στο έδαφος μετατρέπουν στοιχεία του εδάφους σε αφομοιώσιμη μορφή. Γεγονός όμως είναι ότι με μόνη την προσθήκη οργανικών υλικών στο έδαφος, δεν καλύπτονται οι ανάγκες των φυτών και γι' αυτό γίνονται σχεδόν πάντοτε συμπληρωματικές λιπάνσεις με χημικά λιπάσματα. Σε πολλές μάλιστα περιπτώσεις επικρατεί μόνο η χημική λίπανση εξ' αιτίας της έλλειψης οργανικών υλικών. Όμως ο ρόλος των οργανικών υλικών στο έδαφος έχει γίνει σαφής και δεν μπορούν ν' αντικατασταθούν πλήρως από τα χημικά λιπάσματα τουλάχιστον στην πράξη. Γι' αυτό έγιναν και γίνονται προσπάθειες για την εξεύρεση τρόπων χειρισμού των οργανικών υλικών. Αποτέλεσμα των προσπαθειών αυτών είναι η μεγάλη έκταση που πήρε η ζύμωση των πάσης φύσεως οργανικών υλικών (Composting) καθώς και η ανάπτυξη βιομηχανιών παρασκευής οργανοχουμικών λιπασμάτων.

Η χρήση όμως των οργανικών υλικών, των κομποστών και των οργανοχουμικών λιπασμάτων, συνδυάζεται σχεδόν πάντα με τη χρήση χημικών λιπασμάτων, που κατά κανόνα γίνεται με την εφαρμογή των πιο πάνω υλικών στο έδαφος. Σ' ελάχιστες περιπτώσεις αποφεύγεται η χρήση των χημικών λιπασμάτων και η κάλυψη των αναγκών των φυτών, μόνο από στοιχεία που περιέχουν τα οργανικά υλικά. Στις περιπτώσεις αυτές το κόστος παραγωγής είναι αρκετά ψηλό, αλλά και αδύνατη η παραγωγή στην εκτατική της μορφή μονό με οργανικά υλικά, επειδή αυτά δεν υπάρχουν σε ποσότητες που να καλύψουν αυτές τις ανάγκες. Η αύξηση του ριζικού συστήματος των υποκειμένων που παρατηρείται σε υποστρώματα με οργανική ουσία είναι αποτέλεσμα και της επίδρασης των χουμικών παραγόντων (Συμινής κ.ά., 1995).

Η εφαρμογή των χουμικών παραγόντων αύξησε σημαντικά την συγκέντρωση NO_3^- -N στις ρίζες των φυτών. Ταυτόχρονα αυξήθηκε και η συγκέντρωση NH_4^+ -N. Έχει αναφερθεί ότι οι χουμικοί παράγοντες επηρεάζουν την ενεργότητα των συστημάτων μεταφοράς ιόντων στις μεμβράνες των κυττάρων ρίζας (Pinton *et al.* 1995 και 1997, Varanini *et al.* 1993). Οι θετικές επιδράσεις των χουμικών

παραγόντων στην αύξηση και θρέψη των φυτών φαίνεται ότι οφείλονται και στην ενεργοποίηση της μεταφοράς θρεπτικών στοιχείων από το υπόστρωμα στα κύτταρα της ρίζας. Αποτέλεσμα της αύξησης της συγκέντρωσης -NO_3^- και NH_4^+ είναι η παρατηρηθείσα αύξηση της περιεκτικότητας σε N των ριζών φυτών που δέχθηκαν την επίδραση χουμικών παραγόντων. Συμπερασματικά, οι χουμικοί παράγοντες ευνοούν την αύξηση του ριζικού συστήματος στα μοσχεύματα αμπελιού.

Οι χουμικοί παράγοντες ευνοούν την ανάπτυξη των υποκειμένων της αμπέλου. Και στα δύο υποκειμένα 41B και R110 φέρονται τα φυτά να έχουν αυξήσει τον αριθμό των πλάγιων βλαστών, εννοώντας το μήκος του βλαστού (ύψος φυτού) και το μέγεθος του φύλλου, σε σύγκριση με τα φυτά που δεν δέχθηκαν χουμικούς παράγοντες.

Το ξηρό βάρος των φύλλων, βλαστών και ριζών ήταν διαφορετικό στα επεξεργασμένα και μη επεξεργασμένα φυτά. Μια σημαντική αύξηση στο ξηρό βάρος του φύλλου και της ρίζας παρατηρήθηκε στα επεξεργασμένα φυτά. Αυτές οι διαφορές απεικονίζονται στο λόγο ξηρού βάρους της εναέριας ρίζας, οι οποίες βρέθηκαν μεγαλύτερες στα επεξεργασμένα φυτά.

Φαίνεται λοιπόν ότι οι επιδράσεις των χουμικών παραγόντων στη ριζοβολία των μοσχευμάτων αμπέλου είναι αποτέλεσμα της δράσης αυτών στο ισοζύγιο των εσωτερικών επιπέδων των αυξητικών παραγόντων. Αποτέλεσμα αυτών των επιδράσεων φαίνεται να είναι και η παρατηρηθείσα διαφοροποίηση στην καλλογένεση παρουσία χουμικών παραγόντων. Η γνώση πάνω στη συμπεριφορά της αμπέλου στην παρουσία των χουμικών παραγόντων του εδαφικού οργανικού υλικού είναι ακόμα πολύ περιορισμένη. Αυτή η εργασία περιγράφει ότι οι χουμικοί παράγοντες ευνοούν την ανάπτυξη των φυτών και επιδρούν στη θρεπτική συσσώρευση στις ρίζες και στα φύλλα των υποκειμένων αμπέλου 41B και R110, κάτω από τις πειραματικές συνθήκες που περιγράφηκαν.

Ανάμεσα στους συντελεστές που καταλογίζονται ότι μπορεί να συνεισφέρουν στην αύξηση της περιεκτικότητας σε θρεπτικά στοιχεία στους φυτικούς ιστούς με την παρουσία χουμικών παραγόντων είναι η ενεργοποίηση της πρόσληψης ιόντων από τα κύτταρα της ρίζας (Varanini *et al.*, 1993, Pinton *et al.*, 1997). Οι χουμικοί παράγοντες διεγείρουν την πρόσληψη ιόντων στο ριζικό σύστημα υποκειμένων αμπέλου. Τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν ότι οι χουμικοί παράγοντες προάγουν την ανάπτυξη του εναέριου μέρους των υποκειμένων περισσότερο από τη ρίζα. Πολλοί ερευνητές υποδεικνύουν/εισηγούνται ότι οι χουμικοί παράγοντες ευνοούν κυρίως την ανάπτυξη

του ριζικού συστήματος (Chen and Aviad, 1990). Κατά πόσο αυτή η επαγωγή στην ανάπτυξη των υποκειμένων αμπέλου οφείλει (αναμένεται) να ενεργοποιήσει το ριζικό σύστημα ή και η επάρκεια της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος απομένει να διασαφηνιστεί.

Η προσθήκη χουμικών παραγόντων έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνουν την περιεκτικότητα της χλωροφύλλης με μια παράλληλη μετατροπή στην αναλογία chl_a/chl_b. Η αύξηση στην αναλογία chl_a/chl_b βρίσκεται συνήθως σε χαμηλά επίπεδα χλωροφύλλης (Terry and Zayed, 1995). Αυτή η επιβεβαίωση παρατηρήθηκε στην επαγωγή στη σύνθεση της χλωροφύλλης στα επεξεργασμένα φυτά.

Οι διαφορές στην ανάπτυξη των φυτών και η περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία ανάμεσα σε φυτά επεξεργασμένα με 50 και 500 ppm δεν είναι σημαντικές. Όμως, πρέπει να σημειωθεί ότι οι χουμικοί παράγοντες στα 50 ppm έχουν έντονη/σαφή επίδραση στο αμπέλι, συγκρινόμενη με την υψηλότερη δόση. Γενικά πολλά φυτικά είδη ανταποκρίνονται καλύτερα σε χαμηλές συγκεντρώσεις χουμικών παραγόντων (10-100 ppm) σε σύγκριση με τις εφαρμογές σε υψηλότερες δόσεις (Chen and Aviad, 1990). Είναι ενδιαφέρον να υποδείξουμε τις θετικές επιδράσεις των χουμικών παραγόντων πρόσληψη Fe και στα δύο υποκείμενα 41B και R110. Το υποκείμενο R110 είναι ευαίσθητο στο ασβέστιο, επιφέροντας χλώρωση σιδήρου σε ασβεστώδη εδάφη. Τα υποκείμενα R110 έχουν αυξήσει την περιεκτικότητα Fe στις ρίζες και στα φύλλα και φυσιολογικά επίπεδα χλωροφύλλης στα φύλλα.

Η παρουσία χουμικών παραγόντων δημιουργεί την ανάπτυξη της εναέριας πλευράς σε υποκείμενα φυτών αμπέλου 41B, R110 και 140 Ru. Οι χουμικοί παράγοντες και τα δυο compost (Φ.Ε. και Κ.Α.) είχαν θετική επίδραση. Το ξηρό βάρος βλαστού και ρίζας/φυτό, επηρεαζόταν σε μεγάλο βαθμό από την παρουσία των χουμικών παραγόντων από όλους τους γονότυπους που είχαν δοκιμαστεί.

Η συγκέντρωση χλωροφύλλης αυξανόταν σημαντικά στις υψηλές δόσεις των χουμικών οξέων σ' όλα τα υποκείμενα. Η αντίστροφη σχέση μεταξύ ολικής χλωροφύλλης και αναλογίας chl_a/b επιβεβαιώνεται. Τα αποτελέσματα από τότε στην αναλογία chl_a/b είναι αυξημένα και συνήθως βρίσκεται κατώτερη συγκέντρωση χλωροφύλλης (Terry and Zayed).

Τα ίδια αποτελέσματα λαμβάνονται με τη συγκέντρωση υδατανθράκων στους βλαστούς και στα υποκείμενα φυτών. Η παρουσία χουμικών οξέων αλλαγμένος των θρεπτικών στοιχείων τα επίπεδα εξετάστηκαν στις ρίζες και στα φύλλα των υποκειμένων 41B, R110 και 140Ru. Απ' όλη αυτή την ερευνητική εργασία

προέκυψαν στοιχεία θετικά και τέθηκαν ερωτήματα, που χρειάζονται περισσότερη έρευνα για την απάντησή τους. Τα συμπεράσματα του βγαίνουν απ' όλη αυτή την ερευνητική προσπάθεια συνοψίζονται ως εξής:

Οι χουμικοί παράγοντες από κόμποστ επιδρούν στην τυχαία δημιουργία ριζών και την αύξηση του ριζικού συστήματος στο αμπέλι. Η προσθήκη των χουμικών παραγόντων διαφοροποίησε ισχυρά τη δημιουργία ριζών και την αύξηση τους, στα έκφυτα βλαστού. Μείωση του αριθμού των ριζών με ταυτόχρονη αύξηση του βάρους τους, παρουσιάστηκε στην συγκέντρωση 10mg/1 χουμικών παραγόντων, αλλά η διαφοροποίηση στην δημιουργία ριζών και την αύξηση τους ήταν ισχυρότερη με την εφαρμογή 100 και 500 mg/1 χουμικών παραγόντων. Οι επιδράσεις αυτές έγιναν παρουσία IAA. Έχει αναφερθεί ότι κατά τη διάρκεια της *in vitro* ριζοβολίας μοσχευμάτων αμπέλου, η αύξηση της ενεργότητας της οξειδάσης του IAA είναι απαραίτητη για την οξείδωση του IAA, μετά το σχηματισμό των ριζικών καταβολών (Mato *et al.*, 1988). Έτσι καθίσταται δυνατή η έκπτυξη των ριζών. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής δείχνουν ότι η εμφανιζόμενη μείωση του ποσοστού ριζοβολίας, παρουσία χουμικών παραγόντων, είναι αποτέλεσμα της καθυστέρησης στην εμφάνιση των ριζών. Υποστηρίζεται ότι οι χουμικοί παράγοντες παρεμποδίζουν την οξείδωση του IAA (Mato *et al.*, 1972).

Η παρουσία χουμικών παραγόντων στο θρεπτικό διάλυμα αύξησε το ξηρό βάρος των νεαρών φυτών του υποκειμένου SO₄. Η αύξηση αυτή ήταν μεγαλύτερη παρουσία 500 mg/1 χουμικών παραγόντων από το κόμποστ κληματίδων. Η εφαρμογή χουμικών παραγόντων από το κόμποστ φύλλων ελιάς αύξησε πάνω από 25% το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος στα νεαρά φυτά. Η αύξηση του ριζικού συστήματος των υποκειμένων που παρατηρείται σε υποστρώματα με οργανική ουσία είναι αποτέλεσμα και της επίδρασης των χουμικών παραγόντων (Συμινής κ.ά., 1995).

Η παρουσία των χουμικών παραγόντων σε συγκέντρωση 100 και 500 mg/1, μείωσε σημαντικά τον αριθμό των τυχαία δημιουργούμενων ριζών στα έκφυτα του βλαστού. Η μείωση αυτή δεν ήταν σημαντική παρουσία 10 mg/1 χουμικών παραγόντων. Το μήκος και το νωπό βάρος των εκπτυχθέντων ριζών ήταν σημαντικά μεγαλύτερο παρουσία των χουμικών παραγόντων. Ταυτόχρονα παρατηρήθηκε και ισχυρή μείωση της καλλογένεσης όταν εφαρμόστηκαν οι χουμικοί παράγοντες σε συγκέντρωση 500 mg/1. Τα νεαρά φυτά του υποκειμένου που δέχθηκαν την επίδραση των χουμικών παραγόντων παρουσίασαν σημαντική αύξηση του ξηρού βάρους του ριζικού συστήματος σε σχέση με τα φυτά στα οποία δεν εφαρμόστηκαν χουμικοί

παράγοντες. Ταυτόχρονα η παρουσία των χουμικών παραγόντων αύξησε την συσσώρευση NH_4^+ και NO_3^- στο ριζικό σύστημα των φυτών, με αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης του ολικού N σ' αυτό.

Τα τελευταία χρόνια έχουν μελετηθεί οι επιδράσεις των χουμικών παραγόντων στην αύξηση και θρέψη, σε αρκετά φυτικά είδη (Vaughan and Malcolm, 1985). Οι θετικές αυτές επιδράσεις φαίνεται ότι οφείλονται στην ενεργοποίηση των συστημάτων μεταφοράς ιόντων των κυτταρικών μεμβρανών των κυττάρων της ρίζας (Pinton *et al.*, 1995, 1997). Μέχρι σήμερα δεν έχουν μελετηθεί οι επιδράσεις των χουμικών παραγόντων στην αύξηση του ριζικού συστήματος και γενικότερα σε ολόκληρο το φυτό στο αμπέλι.

Η τυχαία δημιουργία ριζών στα φυτά είναι καθοριστική για τη δυνατότητα αγενούς πολλαπλασιασμού τους. Ένας από τους παράγοντες που φαίνεται ότι επιδρούν στην τυχαία δημιουργία ριζών στα φυτά είναι το υπόστρωμα ριζοβολίας (Haissig *et al.*, 1992). Τα υποκείμενα αμπέλου ριζοβολούν δύσκολα με αποτέλεσμα τη μείωση της αποδοτικότητας των φυτωρίων αμπέλου. Η χρησιμοποίηση μεγάλων ποσοτήτων οργανικής ουσίας, στα υποστρώματα ριζοβολίας μειώνει το ποσοστό των μοσχευμάτων που ριζοβολούν (Συμινής κ.ά., 1985).

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Akyuz, M., Kara, S., Altindisli, A., Calkan, O., Ilter, E., 1997. Effect of various organic origin fertilizers on propriety of quality and ripening of “Round Seedless” grape. 34:1-2, 17-23; 12 ref.
- Alexandrova, L. N., 1960. The use of sodium pyrophosphate for isolating free humic substances and their organic – mineral compounds from the soil. Sov. Soil Sci. (Engl. Transl.), p. 190-197.
- Allen, R.D., 1995. Dissection of oxidadive stress tolerance using transgenic plants. Plant Physiol. 107:1049-1054.
- Ao, T.Y., Fan, F., Korcak, R., Faust, M., 1985. Iron reduction by apple roots. J. Plant Nutr. 8 (7), 629-644.
- Arnon, D.J., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24:1-15.
- Ayuso, M., T. Hernandez, C. Garcia, & J.A. Pascual, 1996. Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. Bioresource Technology 57:251-257.
- Beauchamp, C., and Fridovich, I., 1971. Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. Anal. Biochem. 44:276-287.
- Bondiatti, E., J.P. Martin and K. Haider, 1972. Stabilization of amino sugar units in humic type polymers. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 36:597-602.
- Bowler, C., Van Montagu, M. and Inze, D., 1992. Superoxide dismutase and stress tolerance. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mo. Biol. 43:83-116.
- Branas, J., 1973. Sur la chlorose. Le Progr. Agr. Et Vit., P, 235-239.
- Branas, J., 1974. Viticulture. p. 626-635 Montpellier.
- Branas, J., 1976. Sur la chlorose. Le Prog. Agr. Et. Vit., 4, 109-111.
- Brinton, WF., Trankner, A., Droffner, M., 1996. Investigations into Liquid compost extracts Biocycle. 1996, 37:11, 68-70.

- Brown, J.C. et Ampler J.G., 1973. Reductants released by roots of Fe deficient soybeans. *Agron. J.*, 65, 311-314.
- Butler, J.H.A., and J.N. Ladd. 1969. The effect of methylation of humic acids on their influence on proteolytic enzyme activity. *Austr. J. Soil Res.* 7:263-268.
- Caspar, T., Penel, C., Thorpe, T. and Greppin, H., 1982. *Peroxidases: A survey of their biochemical and physiological roles in higher plants.* Geneva, Switzerland: University of Geneva.
- Cesco, S., Römheld, V., Varanini, Z., Pinton, R., 2000. Solubilisation of iron by a water extractable humic substance fraction. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 163, 285-290.
- Champagnol, F., 1984. *Elements de Physiologie de la Vigne et de Viticulture generale.* 351 p., Montpellier.
- Chaney, R.L., Brown J.C. et Tiffin, L.O., 1972. Obligatory reduction of ferric chelates in iron uptake by soybeans. *Plant. Physiology* 50, 208-213.
- Chen, L.M., Dick, W.A., Streeter, J.G., Hoitink, H.A.J., 1998. Fe chelates from compost microorganisms improve Fe nutrition of soybean and oat. *Plant Soil* 200 (2), 139-147.
- Chen, Y and Y. Anvimelech, 1986. *The role of organic matter in modern agriculture.* Martinus Nijhoff Publishers , Dordrecht.
- Chen, Y and T. Aviad, 1990. Effects of humic substances on plant growth. P. 161-186. In Mc Carthy, P. Clapp, C.E., Malcolm, R.L., and Bloom, P.R. (Eds). *Humic substances in soil and crop sciences.* American Society of Agronomy.
- Chen, Y. and Anvimelech, Y., 1986. *The role of organic matter in modern agriculture.* Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.
- Chen, Y., Magen, H., Riov, J., Senesi, N., (ed.), Miano-TM. 1994. *Humic substances in the global environment and implications on human health.*
- Ciavatta, C., Govi, M., Antisari, L., V. και Sequi, P. 1990. Characterization of humified compounds by extraction and fractionation on solid PVPP. *J. Chromatography* 509: 141-146.

- Coyrpron, C. et Juste C., 1975. Influence de l' incorporation de certaines formes de matieres organiques sur le pouvoir chlorosant d' un sol carlcaire. Ann. Agron., 26(2), 215-227.
- Crowley, D.E., 2001. Function of siderophores in the plant rhizosphere. In: Pinton, R., Varanini, Z., Nannipieri, P. (Eds.), The Rhizosphere. Biochemistry and Organic Substances at the Soil-Plant Interface. Marcel, Dekker, New York-Basel. Pp.223-261.
- Crowley, D.E., Römheld, V., Marschner, H., Szaniszlo, P.J., 1992. Root-microbial effects on plant iron uptake from siderophores and phytosiderophores. Plant Soil 142, 1-7.
- Crowley, D.E., Wang, Y.C., Reid, C.P.R., Szaniszlo, P.J., 1991. Siderophore-iron uptake mechanisms by microorganisms and plants. Plant Soil 130, 179-198.
- Davies, K.J.A., 1987. Protein damage and degradation by oxygen radicals I. General aspects. J. Biol. Chem. 262:9895-9901.
- DeAlmeida, R.M., F. Pospisil, K. Vackova and M. Kutacek. 1980. Effect of humic acids on the inhibition of pea choline esterase and cholin a-cyltransferase with malathion. Biol. Plant. 22:167-175.
- Dekock, P.C., 1995. The influence of humic acids on plant growth. Science (Washington, D.C.) 121:473-474.
- Delmas, J., 1971. Fertilization de la Vigne. Sciences et Techniques de la vigne. 1, 629.
- Dixit, V.K. and N.Kishore, 1967. Effect of humic acid and fulvic acid fraction of soil organic matter on seed germination. Indian J. Sci. Int. Sec. A 1:202-206.
- Dormaar, J.F. 1975. Effects of humic substances from chernozemic Ah Horizons on nutrient uptake by *Phaseolus vulgaris* and *Festuca scabrella*. Can. J. Soil Sci. 55:111-118.
- Douineau, G., 1942. Dosage rapide du calcaire actif de sols. Ann. Agron. 12, 441.

- Fernandez, V.H., 1968. The action of humic acids of different sources on the development of plants and their effect on increasing concentration of the nutrient solution. *Pont. Acad. Sci. Scr. Zaria* 32:8095-850.
- Flaig, W., 1968. Uptake of organic substances from soil organic matter by plants and their influence on kmetabolism. *Pont. Acad. Sci. Scr. Varia* 32:1-48.
- Flaig, W., H. Beutelspacher and E. Reitz, 1975. Chemical composition and physical properties of humic substances, p. 1-211 in J.E. Gieseking (ed.) *Soil components, Vol. 1 Organic components*. Springer-Verlag, New York.
- Fox, T.C., Guerinot, M.L., 1998. Molecular biology of cation transport of plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49, 669-696.
- Fridovich I, 1986. Biological effects of the superoxide radicals. *Arch. Biochem. Biophys.* 247:1-11.
- Gaspar T., Penel C., Thorpe T. and Greppin H. 1982. Peroxidases: A survey of their biochemical and physiological roles in higher plants. Geneva, Switzerland: University of Geneva.
- Gaur, A.C., 1964. Influence of humic acid on growth and mineral nutrition in plants. *Bull. Assoc. Fr. Itude Sol.* 35:207-219.
- Haissig, B.E., Davis, T.D. and Riemenschneider, D.E. 1992. Researching the controls of adventitious rooting. *Physiol. Plant* 84: 310-317.
- Hurst, H.M. and N.A. Surges, 1967. Lignin and humic acids, p. 260-286 in A.D. McLaren and G.H. Peterson (ed.) *Soil biochemistry*. Marcel Dekker, New York.
- Hurst, H.M., and N.A. Burges. 1967. Lignin and humic acids. p.260-286. in A.D. McLaren and G.H. Peterson (ed.) *Soil biochemistry*. Marcel Dekker, New York.
- Iswaran, V. and P.K. Chonkar. 1971. Action of sodium humate and dry matter accumulation of soybean in saline alkali soil. In B. Novac et al. (ed.) *Humus et planta*. V: 613-615. Prague.
- Jelenic, D.B., M. Hajdukovic and Z. Aleksic, 1966. The influence of humic substances on phosphate utilization from labelled superphosphate p. 85-88.

- in The use of isotopes in soil organic matter studies. FAO/IAEA Tech. Meet., Pergamon Press, Oxford.
- Jenkinson, D.S., 1971. Studies on decomposition of C-14 labeled organic matter in soil. *Soil Sci.* 111:64-70.
- Juste, C, Pouget, R, 1967. Influence des exorbats radiculaires de vigne sur le maintien en solution du fer a pH eleve de calcium. *Academie d' Agriculture de France*, pp 85-90.
- Kaiser, W., 1979. Carbon metabolism of chloroplast in the dark. *Plant* 144:193-200.
- Kliman, S., 1937. In Courpron et Juste 1975.
- Kononova, M.M., 1966. *Soil organic matter*. 2nd ed. Pergamon Press, Oxford.
- Lagrimini L.M., Bladforst S. and Rothstein S. 1990. Peroxidase-included wilting in transgenic tobacco plants. *The plant cell* 2:7-18.
- Lagrimini, L.M. and Rothstein, S., 1987. Tissue specificity of tobacco peroxidase isoenzymes and their induction by wounding and tobacco mosaic virus infection. *Plant Physiol.* 84:438-442.
- Lagrimini, L.M., Bladforst, S. and Rothstein, S., 1990. Peroxidase-induced wilting in transgenic tobacco plants. *The plant cell* 2:7-18.
- Lee, Y.S., and R.J. Bartlett, 1976. Stimulation of plant growth by humic substances. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40:876-879.
- Levesque, M. and M. Schnitzer, 1966. Effects of NaOH concentration on the extraction of organic matter and of major inorganic constituents from a soil. *Can. J. Soil Sci.* 46:7-12.
- Lindsay, W.L., 1974. Role of chelation in micronutrient availability. In: Carson, E.W. (Ed.), *The Plant root and its Environment*. University Press of Virginia, Charlottesville, pp. 507-524.
- Linehan, D.J. 1976. Some effects of a fulvic acid component of soil organic matter on the growth of cultivated excised tomato roots. *Soil Biol. Biochem.* 8:511-517.
- Loeppert, R.H., Wei, L.C., Ocumpaugh, W.R., 1994. Soil factors influencing the mobilization of iron in calcareous soils. In: Manthley, J.A., Crowley,

- D.A., Luster, D.G. (Eds.), *Biochemistry of Metal Micronutrients in the Rhizosphere*. Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 343 -360.
- Loulakis, MD., Petsas, S. Effect of humic substances from vine-canes mature compost on tomato seedling growth. *Bioresource – Technology*. 1995, 54:2, 179-182; 12 ref.
- Malcolm, R.E. and Vaughan D. 1979a. Comparative effects and phosphatase activities in plant tissues. *Soil Biol. Biochem* 11:253-259.
- Malcom, R.E. and Vaughan, D., 1979a. Comparative effects of soil organic matter fractions on phosphatase activities in wheat roots. *Plant Soil* 51:117-126.
- Malcom, R.E. and Vaughan, D., 1979B. Effects of humic acid fractions on invertase activities in plant tissues. *Soil. Biol. Biochem.* 11:62-72.
- Malcom, R.E. and Vaughan, D., 1979c. Humic substances and phosphatase activities in plant tissues. *Soil Biol. Biochem.* 11:253-259.
- Manthey, J.A., McCoy, D.L., Crowley, D.E., 1994. Stimulation of rhizosphere iron reduction and uptake in response to iron deficiency in Citrus rootstocks. *Plant Physiol. Biochem.* 32 (2), 211-215.
- Martin, J.P. and K. Haider, 1980b. Microbial degradation and stabilization of C-14 labeled lignins, phenols and phenolic polymeres in relation to soil humus formation. In T.K. Kirik et al. (ed.) *Lignin biodegradation: Microbiology, chemistry and potential applications*. Vol 1. CRP Press, Boca Raton, FL.
- Martin, J.P. and K. Haider. 1980b. Microbial degradation and stabilization of C-14 labeled lignins, phenols and phenolic polymers in relation to soil humus formation, in T.K. Kirik et al.(ed.) *Lignin biodegradation: Microbiology, chemistry and potential applications*. Vol. 1. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Masalha, J., Kosegarten, H., Elmaci, O., Mengel, K., 2000. The central role of microbial activity for iron aquisition in maize and sunflower. *Boil. Fertile. Soils* 30, 433-439.

- Mato, M.C., Gonzales-Alonso and J. Mendez, 1972b. Inhibition of enzymatic indoleacetic acid by fulvic acids. *Soil Biol. Biochem.* 4:475-478.
- Mato, M.C., M.G. Olmedo and J. Mendez, 1972a. Inhibition of indoleacetic acid oxidase by soil humic acids fractionated in Sephadex. *Soil Biol. Biochem.* 4:469-473.
- Mato, M.C., Olmedo, M.G. and Mendez, J. 1972. Inhibition of indoleacetic acid oxidase by soil humic acids fractionated on sephadex. *Soil Biol. Biochem.* 44:469-473.
- Mato, M.C., R. Fedregas and J. Mendez, 1971. Inhibitory effect of soil humic acids on indoleacetic acid oxidase. *Soil Biol. Biochem.* 3:285-288.
- Mato, M.C., Rua, M.L. and Ferro, E. 1988. Changes in levels of peroxidases and phenolics during root formation in *Vitis* cultured *in vitro*. *Physiol. Plant* 72: 84-88.
- Mayaudon, J., M. El Halfawi and M.A. Chalvignac, 1973. Proprietes des diphenol oxidases extraites des sol. *Soil Biol. Biochem.* 5:369-383.
- Mengel, K., Scherar H. W, Malissiovas N., 1979. Die chlorose ans der sicht der Bodenchemie und Rebene nahrung. *Milt. Klosterneuburg*, 29, 151-156.
- Miler, R. H., Ohlrogge A. J., 1958. In Courpron et Juste 1975.
- Paul, E.A. and J.A. Van Veen, 1978. The use of tracers to determine thw dynamic nature of organic mater. In *Trans. Int. Congr. Soil Sci.*, 11th, 1978. 3:61-102.
- Pinton, R., Cesco S., Santi, S. and Varanini, Z. 1995. Soil humic substances stimulate proton release by intact oat seedling roots. *J. Plant Nut.* 20 : 857-869.
- Pinton, R., Cesco, S., Santi, S. and Varanini, Z. 1995. Effect of soil humic substances on surface redox activity of oat roots. *J. Plant Nut.* 18 : 2111-2120.
- Pinton, R., Cesco, S., Santi, S., Agnolon, F., Varanini, Z., 1999. Water-extractable humic substances enhance iron deficiency responses by Fe-deficiency cucumber plants. *Plant Soil* 210, 145-157.

- Pouget, R. et Juste, C., 1972. Le choix des porte-greffes de la vigne pour les
soles calcaires. *Connaissance de la Vigne du Vin* No 4-1972.
- Pouget, R., 1979. Le problème de la chlorose calcaire chez la Vigne. Colloque
Franco-Raimain sur les «Relations sol-Vigne». 23-28, Juin 1980. I.N.R.A.
Bordeaux.
- Pouget, R., Delmas, J., Bouvard, J., 1971. La chlorose Ferrique Maladies
Physiologiques et accidents divers. *Sciences et Techniques de la Vigne*, 2,
431-435.
- Pouget, R., Ottenwaelter M., 1973. Etude methodologique de la resistance a la
chlorose calcaire chez la vigne: Principe de la methode des greffages
reciproques et application a la recherche des porte-greffes resistant *Annales.
Amelior Plantes*, 1973, 23(4), 347-356.
- Rauthan, B.S. and M. Schnitzer, 1981. Effects of soil fulvic acids on the
growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) planta. *Plant
Soil*. 63:491-495.
- Ribereau-Gayon, G., 1966. Etude du métabolisme des glucides, des acides
organiques et des acides amines chez V. Vinifera. Thèse Sci. Phys., Paris.
- Romera, F.J., Alcantara, E., de la Guardia, M.D., 1991b. characterization of the
tolerance to iron chlorosis in different peach rootstocks growth in nutrient
solution. II. Iron-stress response mechanisms. *Plant Soil* 130, 121-125.
- Römheld, V., Marschner, H., 1986. Mobilisation of iron in the rhizosphere of
different plant species. *Adv. Plant Nutr.* 2, 123-218.
- Sauerbeck, D. and M.A. Gonzales, 1977. Field decomposition of carbon – 14-
labeled plant residues in various soils of the Federal Republic of Germany
and Costa Rica. p. 159-169. In *Soil Org. Mater Stud., Proc. Symp.*
(Braunschweig, 6-10 Sept. 1976) Vol. 1. IAEA-FAO, Vienna.
- Scandalios J.G. 1993. Oxygen stress and superoxide dismutases. *Plant Physiol.*
101:7-12.
- Scandalios, J.G., 1987. The antioxidant enzyme genes cat and sod of maize:
regulation, functional significance and molecular biology. In M.C. Ratazzi,
J.K. Scandalios, S.C. Whitt, eds. *Isoenzymes: Current Topics in Biological*

- and Medical Research, Vol. 14 Molecular and Cellular Biology, Alan R. Liss, New York, pp. 19-44.
- Scandalios, J.G., 1990. Response of plant antioxidant defence genes to environmental stress. *Adv Genet.* 28:1-41.
- Scandalios, J.G., 1993. Oxygen stress and superoxide dismutases. *Plant Physiol.* 101:7-12.
- Schloss, P., Walter, C. and Mader, M., 1987. Basic peroxidase in isolated vacuoles of *Nicotiana Tabacum* L. *Planta* 170:225-229.
- Schnitzer, M. and S.I.M. Skinner, 1968. Alkali versus acid extraction of soil organic mater. *Soil Sci.* 105:392-396.
- Schnitzer, M. and S.U.Khan, 1972. Humic substances in the environment. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Schnitzer, M., and S.U. Khan. 1978. Soil organic mater. Elsevier North-Holland, Inc., New York.
- Servilla, F., Hellin, E., Alcaraz. C.F. and Del Rio, L.A., 1987. Induction of iron and manganese superoxide dismutases in *Citrus limonum* leaves by iron. *Plant Physiol. (Life Sci. Adv.)* 6:133-139.
- Sevilla, F., Hellin, E. and Del Rio, L.A., 1984. Superoxide dismutases from a *Citrus* plant: Presence of two iron-containing isoenzymes in leaves pf lemon trees. *J. Plant Physiol.* 116:381-387.
- Siminis C. I., M. Loulakis, M. Kefakis, T. Manios & V. Manios, 1998. Humic substances from compost affects nutrient accumulation and fruit yield in tomato. *Acta Horticulturae* 469: 353-358.
- Sladky, Z. 1959a. The effect of extracted humus substances on growth tomato plants. *Bio. Plant.* 1:142-150.
- Sladky, Z. and V. Tichy. 1959. Application of humus substances to overground organs of plants. *Biol. Plant.* 1:9-15.
- Smidova, M. 1962. Effects of sodium humate on swelling and germination of plant roots. *Biol. Plant.* 4:112-118.
- Stanchev, L., Z. Tanev and K. Ivanov, 1975. Humus substances as suppressors of biuret phytotoxicity. *In humus et Planta* VL373-381.

- Steelink, C.A., 1985. Implications of elemental characteristics of humic substances, p. 457-476. in G.R. Aiken et al. (ed.) Humic Substances in soil, sediment and water Geochemistry, isolation and characterization. Wiley-Interscience, New York.
- Stevenson, F.J. 1982b. Humus chemistry. John Wiley & Sons, New York.
- Stevenson, F.J., 1982. Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. Wiley-interscience, New York.
- Stevenson, F.J., 1982b. Humus chemistry. John Wiley & Sons, New York.
- Συμινής Χ.Ι., Κεφάκη Μ.Δ., Μανιός Θ.Β. και Μανιός Β.Ι. 1995. Τυχαία δημιουργία ριζών στο *Vitis*. Επιδράσεις των οργανοχουμικών υλικών στη ριζοβολία ξυλοποιημένων μοσχευμάτων και μοσχευμάτων *in vitro*. Πρακτικά 17^{ης} Πανελλήνιας Συνάντησης της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, Αθήνα 22-24 Νοεμβρίου 1995, σελ. 369-371.
- Συμινής, Χ. 1996. Αντιοξειδωτικά ενζυμικά συστήματα σε πρωτοπλάστες από μεσόφυλλο *Vitis vinifera* L. και *Nicotiana Tabacum* L.
- Tagliavini, M., Abadia, J., Rombola, A.D., Tsipouridis, C., Marangoni, B., 2000a. Agronomic means for the control of iron deficiency chlorosis in deciduous fruit trees. J. Plant Nutr. 23 (11&12), 2007-2022.
- Terry, N. & A.M. Zayed, 1995. Physiology and biochemistry of leaves under iron deficiency. In: Abadia J. (Ed.) Iron nutrition in soils and plants. Kluwer Academic Publishers.
- The American society of agronomy, Inc. Soil science of America, Inc. 1990. Humic substances in soil and crop sciences: Selected readings.
- Tittin, L. O., 1966. Iron translocation. I-Plant culture exudates sampling, iron citrate analysis. II-Citrate iron ratios in plant stem exudates. Plant Physiol, 41, 510-519.
- Treeby, M., Uren, N., 1993. Iron deficiency stress responses amongst citrus rootstocks. Z. Pflanzenarnahr. Bodenk. 156, 78-81.
- Van Huystee, R.B., 1987. Some molecular aspects of plant peroxidase biosynthetic studies. Annu. Rev. Plant Physiol. 38:205-217.

- Varanini, Z., R. Pinton, M.G. De Biasi, S. Astolfi & A. Maggioni, 1993. Low molecular weight humic substances stimulate H⁺-ATPase activity of plasma membrane vesicles isolated from oat (*Avena sativa* L.) roots. *Plant and Soil*. 153:61-69.
- Vaughan, D. and I.R. Mc Donald. 1976. Some effects of humic acids on the cation uptake by parenchyma tissue. *Soil Bio. Biochem.* 8:415-421.
- Vaughan, D. and I.R. McDonald, 1971. Effects of humic acid on protein synthesis and iron uptake in beet discs. *J. Exp. Bot.* 22:400-410.
- Vaughan, D. and I.R. McDonald, 1976. Some effects of humic acids on the cation uptake by parenchyma tissue. *Soil Biol. Biochem.* 8:415-421.
- Vaughan, D. and Malcolm, R.E., 1985. Soil organic matter and biological activity. Martinus Nijhoff/Dr W. Jynk Publishers, Dordrecht.
- Vaughan, D. and R.E. Malcom, 1979a. Effect of soil organic matter on peroxidase activity of wheat roots. *Soil Biol. Biochem.* 11:57-63.
- Vaughan, D. and R.E. Malcom, 1979b. Effect of humic acids on invertase synthesis in roots of higher plants. *Soil Biol. Biochem.* 11:247-272.
- Vaughan, D., B.G. Ord and R.E. Malcom, 1978. Effect of soil organic matter on some root surface enzymes and uptake in winter wheat. *J. Exp. Bot.* 29:1337-1344.
- Wallace, A., Lunt O.R., 1960. Iron chlorosis in horticultural plants. A review. *Amer. Soc for Horticult. Sci.*, 819-841.
- Yehuda, Z., Shenker, M., Hadar, Y., Chen, Y., 2000. Remedy of chlorosis induced by iron deficiency in plants with the fungal siderophore rhizoferrin. *J. Plant Nutr.* 23 (11&12), 1991-2006.