

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΔΗΜΗΤΡΑ Α. ΤΣΑΜΑΪΔΗ

ΘΕΜΑ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ, ΤΗΣ ΕΠΟΧΗΣ ΣΠΟΡΑΣ
ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ,
ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ, ΚΑΙ ΣΤΗ ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ
ΤΟΥ ΑΝΗΘΟΥ (*Anethum graveolens* L.)**

Επιβλέπων Καθηγητής: Πάσσαμ Χάρολντ

ΑΘΗΝΑ 2014

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΘΕΜΑ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ, ΤΗΣ ΕΠΟΧΗΣ ΣΠΟΡΑΣ
ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ,
ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ, ΚΑΙ ΣΤΗ ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ
ΤΟΥ ΑΝΗΘΟΥ (*Anethum graveolens* L.)**

ΔΗΜΗΤΡΑ Α. ΤΣΑΜΑΪΔΗ

Επιβλέπων Καθηγητής: Πάσσαμ Χάρολντ

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

- Πάσσαμ Χάρολντ, Καθηγητής Γ.Π.Α
- Πολυσίου Μόσχος, Καθηγητής Γ.Π.Α
- Ακουμιανάκης Κωνσταντίνος, Καθηγητής Γ.Π.Α

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- Πάσσαμ Χάρολντ, Καθηγητής Γ.Π.Α. ως επιβλέπων
- Πολυσίου Μόσχος, Καθηγητής Γ.Π.Α. ως μέλος
- Ακουμιανάκης Κωνσταντίνος, Καθηγητής Γ.Π.Α. ως μέλος
- Αϊβαλάκης Γεώργιος, Αναπληρωτής Καθηγητής Γ.Π.Α. ως μέλος
- Σάββας Δημήτριος, Αναπληρωτής Καθηγητής Γ.Π.Α. ως μέλος
- Πετρόπουλος Σπυρίδων, Λέκτορας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας ως μέλος
- Καραπάνος Ιωάννης, Λέκτορας Γ.Π.Α. ως μέλος

ΑΘΗΝΑ 2014

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευχαριστίες	12
Περίληψη	13
Abstract	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	20
1.1. Καταγωγή - Βοτανική ταξινόμηση	20
1.2 Ιστορικό.....	20
1.3 Ονοματολογία	22
1.4 Οικονομική αξία.....	22
1.5 Χρήσεις του άνηθου	23
Χρήση ως τρόφιμα	23
Χρήσεις στη φαρμακευτική και την ιατρική.....	24
Χρήσεις στην αρωματοβιομηχανία	25
Χρήσεις σαν εντομοκτόνο.....	25
Οικολογική χρήση του άνηθου	26
1.6 Διατροφική αξία του άνηθου	26
1.7 Βοτανικά χαρακτηριστικά – Περιγραφή.....	28
Φυτό	28
Ρίζα.....	28
Φύλλα.....	28
Βλαστός.....	29
Άνθη – Ταξιανθία.....	29
Α. Ταξιανθία	29
Β. Άνθη	30
Καρπός - Σπόρος.....	30
Α. Καρπός.....	30
Β. Σπόρος.....	31
1.8 Καλλιέργεια και πολλαπλασιασμός του άνηθου.....	31
1.9 Εδαφοκλιματικές συνθήκες.....	32
Θερμοκρασία.....	32
Φωτοπερίοδος	33
Έδαφος	33
1.10 Καλλιεργητικές φροντίδες	33
Λίπανση.....	33

Άρδευση	34
Άλλες καλλιεργητικές φροντίδες	34
Συγκομιδή.....	34
1.11 Συντήρηση - Αποθήκευση.....	35
1.12 Ποικιλίες.....	36
1.13 Εχθροί και ασθένειες.....	36
1.14 Τα αιθέρια έλαια του άνηθου	38
Χρήσεις των αιθέριων ελαίων.....	38
Σύντομη περιγραφή των αιθέριων ελαίων	39
Η χημική σύνθεση των αιθέριων ελαίων του άνηθου	40
Παράγοντες που επηρεάζουν τη σύσταση των αιθέριων ελαίων του άνηθου	40
1.15 Επίδραση νιτρικών στον άνηθο.....	40
Επιπτώσεις της αζωτούχου λίπανσης.....	41
Παράγοντες που επηρεάζουν τη συσσώρευση νιτρικών στα φυτά.....	41
Μεταβολή νιτρικών ιόντων στους φυτικούς ιστούς μετά τη συγκομιδή	43
Τρόποι μείωσης των νιτρικών.....	43
Η επίδραση του αζώτου στην παραγωγή και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου ..	44
Η επίδραση του αζώτου στην ανάπτυξη και παραγωγή	44
Η επίδραση του αζώτου στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης.....	44
Η επίδραση του αζώτου στη συγκέντρωση της βιταμίνης C.....	45
Η επίδραση του αζώτου στη συγκέντρωση των καροτενοειδών	45
Η επίδραση του αζώτου στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών	45
Η επίδραση του αζώτου στη συγκέντρωση των φλαβονοειδών	46
Η επίδραση του αζώτου στα αιθέρια έλαια	46
1.16 Επίδραση καταπόνησης στον άνηθο	47
Επίδραση της καταπόνησης λόγω αλατότητας	47
Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη και παραγωγή.....	47
Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης.....	48
Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C.....	48
Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των καροτενοειδών.....	48
Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών.....	49
Επίδραση της αλατότητας στα αιθέρια έλαια	49
Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων	49

Επίδραση της υδατικής καταπόνησης.....	50
Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην ανάπτυξη, παραγωγή και ποιότητα	50
Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στα αιθέρια έλαια	51
Στόχοι της εργασίας	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	53
2.1 Το φυτικό υλικό και η καλλιέργειά του	53
2.2 Αζωτούχος λίπανση.....	54
2.3 Αλατότητα.....	55
2.4 Υδατική καταπόνηση	56
2.5 Σύστημα επίπλευσης	56
2.6 Συγκομιδή – Μετρήσεις	57
Προσδιορισμός χλωροφύλλης.....	58
Προσδιορισμός καροτενοειδών.....	58
Προσδιορισμός της βιταμίνης C (ασκορβικό οξύ).....	59
Προσδιορισμός των ολικών φαινολικών.....	60
Προσδιορισμός νιτρικών.....	60
Προσδιορισμός του χλωρίου.....	61
Προσδιορισμός του νατρίου και του καλίου	62
Προσδιορισμός άλλων ανόργανων στοιχείων.....	62
Ποσοτικός και ποιοτικός προσδιορισμός των αιθέριων ελαίων	62
Προσδιορισμός φλαβονοειδών ουσιών	63
Εδαφικές αναλύσεις	65
Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	66
3.1 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη, την παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου σε δύο εποχές σποράς: φθινοπωρινή και ανοιξιάτικη.....	66
3.1. A. Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη του άνηθου.....	66
3.1. A.1. Φθινοπωρινή σπορά.....	66
3.1. A.2 Ανοιξιάτικη σπορά.....	67
3.1. B. Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου.....	68
3.1. B.1 Φθινοπωρινή σπορά	69
Χλωροφύλλη.....	69
Καροτενοειδή.....	69
Βιταμίνη C	70

Ολικά φαινολικά	70
Φλαβονοειδή	70
Αιθέρια έλαια	71
Ποσοτική ανάλυση αιθέριων ελαίων	71
Ποιοτική ανάλυση αιθέριων ελαίων	72
Νιτρικά.....	72
% Ξηράς ουσίας.....	73
3.1. Β.2 Ανοιξιιάτικη σπορά	74
Χλωροφύλλη.....	74
Βιταμίνη C	75
Φλαβονοειδή.....	75
Αιθέρια έλαια.....	75
Ποσοτική ανάλυση αιθέριων ελαίων	75
Ποιοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων	76
Νιτρικά.....	76
% Ξηράς ουσίας.....	77
Αναλύσεις του υποστρώματος.....	77
Συμπεράσματα	78
Επίδραση N στην ανάπτυξη των φυτών	78
Επίδραση N στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών	78
Αλλαγές στο pH και στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του υποστρώματος	79
3.2. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου παραγομένου σε 4 επίπεδα αζωτούχου λίπανσης και σε δυο εποχές σποράς κατά την αποθήκευση	80
3.2.1. Αποθήκευση σε διαπερατό πλαστικό φιλμ τύπου “Cling”	80
3.2.1.A. Φθινοπωρινή σπορά	80
Απώλεια βάρους	80
Χλωροφύλλη.....	81
Βιταμίνη C	83
Νιτρικά.....	83
Ξηρά ουσια	84
3.2.1.B. Ανοιξιιάτικη σπορά	84
Απώλεια βάρους	84

Χλωροφύλλη.....	85
Βιταμίνη C	87
Νιτρικά.....	88
Ξηρά ουσια	88
3.2.2. Αποθήκευση σε αδιαπέραστο πλαστικό.....	89
3.2.2.A. Φθινοπωρινή σπορά	89
Απώλεια βάρους και αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία	
Χλωροφύλλη.....	89
Καροτενοειδή.....	90
Βιταμίνη C	91
Ολικά φαινολικά	91
Νιτρικά.....	92
Ξηρά ουσια	92
3.2.2.B Ανοιξιάτικη σπορά	93
Απώλεια βάρους και αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία	
Χλωροφύλλη.....	94
Βιταμίνη C	96
Νιτρικά.....	96
Ξηρά ουσια	97
Συμπεράσματα	98
Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και των συνθηκών αποθήκευσης στα ποιοτικά	
χαρακτηριστικά του άνηθου	98
Απώλεια βάρους	98
Σύνθεση ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία	98
Χλωροφύλλη.....	99
Καροτενοειδή.....	99
Βιταμίνη C	99
Ολικά φαινολικά	100
Νιτρικά.....	100
Ξηρά ουσια	100
3.3 Η επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη, την παραγωγή και τα ποιοτικά	
χαρακτηριστικά του άνηθου σε δύο εποχές σποράς: φθινοπωρινή και ανοιξιάτικη.....	101
3.3. A. Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη του άνηθου.....	101

3.3.B. Επίδραση της αλατότητας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου	104
Χλωροφύλλη.....	104
Καροτενοειδή.....	106
Βιταμίνη C	107
Φθινοπωρινή σπορά.....	108
Ανοιξιιάτικη σπορά.....	108
Ολικά φαινολικά	108
Φλαβονοειδή.....	110
Αιθέρια έλαια.....	110
Ποσοτική ανάλυση αιθέριων ελαίων	110
Ποιοτική ανάλυση αιθέριων ελαίων	111
Συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων.....	115
Χλώριο	115
Νάτριο.....	116
Κάλιο.....	117
Ιχνοστοιχεία	118
% Ξηράς ουσίας.....	120
Αναλύσεις υποστρώματος	120
Συμπεράσματα	121
Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών	121
Επίδραση της αλατότητας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών	121
Αλλαγές στο pH και την ηλεκτρική αγωγιμότητα του υποστρώματος.....	124
3.4 Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αλατότητας και σε δύο εποχές σποράς κατά την αποθήκευση	125
3.4 A. Φθινοπωρινή σπορά	125
Απώλεια βάρους	125
Χλωροφύλλη ολική.....	125
Καροτενοειδή.....	127
Βιταμίνη C	128
Ολικά φαινολικά	129
Ξηρά ουσία	131
3.4.B Ανοιξιιάτικη σπορά	131
Απώλεια βάρους	131

Χλωροφύλλη ολική.....	131
Καροτενοειδή.....	132
Βιταμίνη C	133
Ολικά φαινολικά	135
Ξηρά ουσία	136
3.4.Γ Ανόργανα στοιχεία.....	136
Νιτρικά.....	136
Χλώριο	137
Νάτριο.....	138
Κάλιο.....	139
Ασβέστιο και μαγνήσιο.....	140
Ιχνοστοιχεία	140
Σύνθεση ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία	141
Συμπεράσματα	143
Επίδραση της αλατότητας και των συνθηκών αποθήκευσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου	143
3.5 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην ανάπτυξη, την παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου την άνοιξη	145
3.5.A. Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην ανάπτυξη του άνηθου	145
3.5.B. Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου	146
Χλωροφύλλη.....	146
Αντιοξειδωτικά	146
Ανόργανα στοιχεία.....	147
Νιτρικά.....	147
Χλώριο	147
Νάτριο.....	148
Κάλιο.....	148
Ξηρά ουσία	149
Συμπεράσματα	149
3.6 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και της αλατότητας στην ανάπτυξη, παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά πέντε ποικιλιών άνηθου σε δύο εποχές σποράς.....	151
3.6.A Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης κατά τη φθινοπωρινή σπορά	151
Ανάπτυξη φυτού	151

Ποιοτικά χαρακτηριστικά	152
3.6.Β Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης κατά την ανοιξιάτικη σπορά	153
Ανάπτυξη φυτού	153
Ποιοτικά χαρακτηριστικά	154
3.6.Γ Επίδραση της αλατότητας κατά τη φθινοπωρινή σπορά	155
Ανάπτυξη φυτού	155
Ποιοτικά χαρακτηριστικά	156
Ανόργανα στοιχεία.....	157
3.6.Δ Επίδραση της αλατότητας κατά την ανοιξιάτικη σπορά	158
Ανάπτυξη φυτού	158
Ποιοτικά χαρακτηριστικά	159
Ανόργανα στοιχεία.....	159
Συμπεράσματα	160
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	163
Αζωτούχος λίπανση.....	163
Επίδραση N στην ανάπτυξη του άνηθου.....	163
Επίδραση N στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου	164
Επίδραση N στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης.....	164
Επίδραση N στη συγκέντρωση των καροτενοειδών.....	165
Επίδραση N στη συγκέντρωση της βιταμίνης C.....	165
Επίδραση N στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών.....	166
Επίδραση N στη συγκέντρωση των φλαβονοειδών ουσιών	166
Επίδραση N στα αιθέρια έλαια	167
Επίδραση N στη συγκέντρωση των νιτρικών	168
Επίδραση N στη ξηρά ουσία.....	169
Καταπόνηση λόγω αλατότητας.....	170
Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη του άνηθου	170
Επίδραση της αλατότητας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου	172
Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης.....	172
Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των καροτενοειδών.....	172
Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C.....	173
Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών.....	173
Επίδραση της αλατότητας στα φλαβονοειδή.....	174

Επίδραση της αλατότητας στα αιθέρια έλαια	174
Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων	176
Επίδραση της αλατότητας στη ξηρά ουσία.....	177
Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και της αλατότητας σε συνδυασμό με τις συνθήκες αποθήκευσης στη μετασυλλεκτική ζωή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου	178
Απώλεια βάρους.....	178
Σύνθεση ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία	178
Χλωροφύλλη	180
Καροτενοειδή.....	181
Βιταμίνη C.....	181
Ολικά φαινολικά	182
Ξηρά ουσία.....	183
Νιτρικά.....	184
Χλώριο, Νάτριο, Κάλιο, Ασβέστιο, Μαγνήσιο, Ιχνοστοιχεία	185
Υδατική καταπόνηση	185
Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην ανάπτυξη του άνηθου	185
Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου.....	186
Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στη συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων	187
Μελέτη ποικιλιών.....	187
Επίδραση της N-λίπανσης.....	187
Ανάπτυξη του άνηθου.....	187
Ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου.....	188
Επίδραση της αλατότητας	188
Ανάπτυξη του άνηθου.....	188
Ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου.....	188
Ανόργανα στοιχεία του άνηθου	188
Πρωτοτυπία μελέτης	189
Τελικά συμπεράσματα	191
Βιβλιογραφία.....	197
Ελληνική Βιβλιογραφία.....	213
Πηγές Internet.....	213

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Χ. Πάσσαμ, για την ανάθεση του θέματος, την πολύτιμη καθοδήγηση του για την επιτυχή διεκπεραίωση των πειραμάτων και της συγγραφής της μελέτης και την συμπαράσταση του όλα αυτά τα χρόνια.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς Εισηγητικής Επιτροπής, καθηγητές κ. Κ. Ακουμιανάκη και κ. Μ. Πολυσίου, για την πολύτιμη καθοδήγηση τους στην εκπόνηση και την αξιολόγηση της μελέτης, όπως και τα μέλη της επταμελούς Εξεταστικής Επιτροπής, καθηγητή κ. Γ. Αϊβαλάκη, αναπληρωτή καθηγητή κ. Δ. Σάββα, και τους Λέκτορες κ. Σ. Πετρόπουλο και Ι. Καραπάνο.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Α. Ροπόκη (Ε.Τ.Ε.Π. στο Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών) και την Δ. Δαφερέρα (Ε.Δ.Ι.Π. στο Εργαστήριο Γενικής Χημείας), για τη πολύτιμη βοήθεια τους για τη διεξαγωγή των πειραμάτων, καθώς και όλους τους προπτυχιακούς φοιτητές που βοήθησαν στη διεξαγωγή των πειραμάτων.

Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) – Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: Ηράκλειτος ΙΙ . Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης, της υψηλής συγκέντρωσης αλάτων και της υδατικής καταπόνησης στην ανάπτυξη, την ποιότητα και τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά του άνηθου σε δύο εποχές σποράς, καθώς επίσης και στην χημική σύσταση και απόδοση των αιθέριων ελαίων των φύλλων, των ανθέων και των καρπών του άνηθου.

Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης

Με την αζωτούχο λίπανση επιτυγχάνονται μεγαλύτερες αποδόσεις σε φυτικό υλικό (αύξηση νωπού βάρους και αριθμού φύλλων) χωρίς να συσσωρεύονται μεγάλες συγκεντρώσεις νιτρικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς, μέχρι τα 300 ppm N το φθινόπωρο και 150 ppm N την άνοιξη. Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης ήταν θετική για τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης, των καροτενοειδών και της βιταμίνης C μέχρι τα 300 ή 450 ppm N, ενώ είχε αρνητική επίδραση στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών στις μεταχειρίσεις με 300 και 450 ppm N το φθινόπωρο. Η ισοραμεντίνη αποτελεί την κύρια μορφή φλαβονοειδών το φθινόπωρο και η κουαρσετίνη την άνοιξη. Το φθινόπωρο οι συγκεντρώσεις των κουαρσετίνη και ισοραμεντίνη μειώθηκαν σταδιακά με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης, ενώ την άνοιξη σημαντική μείωση σημειώθηκε μόνο στα 450 ppm N. Η συγκέντρωση των νιτρικών τόσο στα φύλλα όσο και στα στελέχη αυξήθηκε στα 300 και 450 ppm N ανεξάρτητα της εποχής σποράς, ενώ τα στελέχη εμφάνιζαν υψηλότερες τιμές από τα φύλλα στα κατώτερα επίπεδα αζώτου (50 και 150 ppm N) και τα φύλλα στα υψηλότερα (300 και 450 ppm N). Η ποσοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων έδειξε θετική επίδραση της εφαρμογής αζωτούχου λίπανσης και στις δύο εποχές σποράς. Η ποιοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων έδειξε ότι οι βασικές ουσίες στα φύλλα είναι οι α-φελλανδρένιο, ανηθοφουράνιο και π-κυμένιο. Το φθινόπωρο παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης του α-φελλανδρένιο και π-κυμένιο στα 300 και 450 ppm N αντίστοιχα, ενώ την άνοιξη υπήρξε αύξηση του π-κυμένιο.

Επίδραση της αλατότητας

Η αύξηση της αλατότητας προκάλεσε αύξηση του νωπού βάρους των φυτών, των φύλλων και των ανθικών στελεχών μέχρι τα 6 dS m⁻¹ (αλλά με μείωση στα 8 dS m⁻¹) ανεξάρτητα της εποχής σποράς. Το ποσοστό (%) άνθησης των φυτών την άνοιξη αυξανόταν με την αύξηση της εφαρμοζόμενης αλατότητας. Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα είτε δεν επηρεάστηκε είτε αυξήθηκε με την αύξηση της αλατότητας το φθινόπωρο, ενώ την άνοιξη είτε δεν επηρεάστηκε είτε μειώθηκε. Η συγκέντρωση της βιταμίνης C αυξήθηκε το φθινόπωρο με την εφαρμογή της αλατότητας και την άνοιξη του 2^{ου} έτους. Η συγκέντρωση των καροτενοειδών το φθινόπωρο, δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της

αλατότητας, αλλά την άνοιξη μειώθηκε στα επίπεδα των 4 και 6 dS m⁻¹. Η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών το φθινόπωρο και την άνοιξη αυξήθηκε στα 2 dS m⁻¹ σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ το φθινόπωρο μειώθηκε στα επίπεδα των 4-6 dS m⁻¹. Η συγκέντρωση της κουαρσεΐνης μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας την άνοιξη, ενώ το φθινόπωρο η συγκέντρωση της καμφερόλης αυξήθηκε στα 8 dS m⁻¹. Η συγκέντρωση του νατρίου και του χλωρίου ήταν αυξημένη στα 6-8 dS m⁻¹ σε σχέση με τις χαμηλότερες επεμβάσεις αλατότητας ανεξάρτητα από την εποχή, ενώ η συγκέντρωση του καλίου, σιδήρου, μαγγανίου και ψευδάργυρου στο μίσχο και το έλασμα είτε μειώθηκε είτε δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας στις δυο εποχές σοράς. Σε αντίθεση, η συγκέντρωση του ασβεστίου και του μαγνησίου μειώθηκε στο μίσχο με την αύξηση της αλατότητας, ενώ στο έλασμα παρατηρήθηκε αύξηση στα 2 dS m⁻¹.

Η απόδοση των αιθέριων ελαίων στο έλασμα του άνηθου το φθινόπωρο δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας, ενώ στα άνθη παρατηρήθηκε αύξηση με την εφαρμογή της αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα. Την άνοιξη φαίνεται μια αύξηση της απόδοσης των αιθέριων ελαίων στο έλασμα στα 4,5 dSm⁻¹ και στα άνθη στα 1,5-4,5 dSm⁻¹. Η ποιοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων στο έλασμα έδειξε ότι οι περισσότερες ουσίες αυξήθηκαν στις μεταχειρίσεις 4 και 6 dS m⁻¹, ενώ το ανηθοφουράνιο μειώθηκε. Αντίθετα, στα άνθη η αύξηση της αλατότητας στα 4 και 6 dS m⁻¹ προκάλεσε μείωση της συγκέντρωσης των ουσιών α-πινένιο, α-φελλανδρένιο και ανηθοφουράνιο αλλά αύξηση της καρβόνης.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά κατά την αποθήκευση

Από τη μελέτη της μετασυλλεκτικής συμπεριφοράς του άνηθου προέκυψε ότι η αποθήκευσή του σε διαπερατό πλαστικό τύπου “Cling” δεν ήταν εμπορικά αποδεκτή καθώς η απώλεια βάρους έφτανε την πρώτη εβδομάδα το 32% και τη δεύτερη εβδομάδα το 51%. Αντίθετα, στο αδιαπέραστο πλαστικό η απώλεια βάρους δεν ξεπερνούσε το 15% τη πρώτη εβδομάδα και το 17% τη δεύτερη εβδομάδα.

Η σύνθεση της ατμόσφαιρας στις συσκευασίες με αδιαπέραστο πλαστικό επηρεάστηκε, καθώς το O₂ μειώθηκε σταδιακά, με παράλληλη αύξηση του CO₂. Η αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης προκάλεσε σε γενικές γραμμές σημαντική απώλεια της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης. Η συγκέντρωση των καροτενοειδών το φθινόπωρο δεν επηρεάστηκε από τη θερμοκρασία αποθήκευσης ανεξάρτητα από το επίπεδο N, ενώ υπό την επίδραση της αλατότητας παρατηρήθηκε μείωση στα χαμηλά επίπεδα αλατότητας και αύξηση στα υψηλά. Η συγκέντρωση της βιταμίνης C μειώθηκε το φθινόπωρο, κυρίως στις χαμηλές επεμβάσεις αζώτου και στην αλατότητα μέχρι τα 4 dS m⁻¹, με την αύξηση της

θερμοκρασίας αποθήκευσης. Ενώ η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ήταν υψηλότερη στα υψηλά επίπεδα N (300-450 ppm) στο στάδιο συγκομιδής το φθινόπωρο, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης δεν παρατηρήθηκε διαφορά ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία, αλλά υπό την επίδραση της χαμηλής αλατότητας (0-2 dS m⁻¹) παρατηρήθηκε μείωση μετά την αποθήκευση στις μεταχειρίσεις 0-2 dS m⁻¹ στα δύο πρώτα έτη. Η συγκέντρωση των νιτρικών δεν επηρεάστηκε από τη διάρκεια αποθήκευσης το φθινόπωρο, ενώ αυξήθηκε στα χαμηλά επίπεδα N την άνοιξη. Η συγκέντρωση των νιτρικών το φθινόπωρο μειώθηκε στους 10°C σε σχέση με τους 2 και 5°C, ενώ την άνοιξη δε παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση της θερμοκρασίας σε κανένα επίπεδο αζωτούχου λίπανσης. Η συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων (χλώριο, νάτριο, κάλιο, ασβέστιο, μαγνήσιο, μαγγάνιο, ψευδάργυρος και σίδηρος) παρουσίασε αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ανάλογα με τη θερμοκρασία, το επίπεδο αλατότητας και την εποχή σποράς.

Επίδραση της υδατικής καταπόνησης

Η υδατική καταπόνηση την άνοιξη προκάλεσε μείωση στην ανάπτυξη του άνθηου (βάρους, αριθμό φύλλων). Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης αυξήθηκε στο WS 40, ενώ δεν παρατηρήθηκε μεταβολή στη συγκέντρωση των καροτενοειδών, της βιταμίνης C και των ολικών φαινολικών. Η αύξηση της υδατικής καταπόνησης προκάλεσε αύξηση στη ξηρά ουσία στο επίπεδο WS 60, ενώ στα στελέχη αυξήθηκε ανάλογα με την ένταση της καταπόνησης. Η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα αυξήθηκε στα επίπεδα WS 40 και WS 60 σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ στα στελέχη η αύξηση ήταν σημαντική μόνο στο επίπεδο WS 60. Αντίθετα, η συγκέντρωση του χλωρίου και του νατρίου στα φύλλα μειώθηκε με την εφαρμογή της υδατικής καταπόνησης, όπως και η συγκέντρωση του καλίου (στο επίπεδο WS 60), ενώ στα στελέχη αυξήθηκε στο επίπεδο WS 40.

Σύγκριση ποικιλιών

Συγκρίνοντας την επίδραση του αζώτου και της αλατότητας σε πέντε ποικιλίες άνθηου (Bouquet, Diana, Dill, Dukat, Tetra) διαπιστώθηκε ότι ενώ οι ποικιλίες διέφεραν μεταξύ τους στην ανάπτυξη και τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά στις δυο εποχές, η ανταπόκρισή τους στην N-λίπανση και αλατότητα ήταν γενικά συγκρίσιμη επιτρέποντας έτσι το συμπέρασμα ότι η Dukat (που χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα άλλα πειράματα) είναι μια τυπική ποικιλία άνθηου και τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται είναι αντιπροσωπευτικά όχι μόνο της συγκεκριμένης ποικιλίας αλλά γενικότερα στον άνηθο κάτω από τις συνθήκες των πειραμάτων.

Τελικό συμπέρασμα

Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων και λαμβάνοντας υπόψη τόσο την παραγωγή όσο και την ποιότητα του προϊόντος προκύπτει ότι ο άνηθος είναι ένα αρωματικό φυτό που αναπτύσσεται καλύτερα με αζωτούχο λίπανση 300 ppm N το φθινόπωρο και 150 ppm N την άνοιξη, ενώ είναι ανθεκτικό σε υψηλές συνθήκες αλατότητας (μέχρι 6 dS m⁻¹). Δεν είναι όμως ανθεκτικό στην υδατική καταπόνηση, ειδικά σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας. Η μετασυλλεκτική ζωή του άνηθου μπορεί να παραταθεί μέχρι και 2 εβδομάδες εάν αποθηκευτεί σε χαμηλές θερμοκρασίες (2°C) και εφόσον περιοριστεί η απώλεια νερού.

Λέξεις κλειδιά: άνηθος, ποιοτικά χαρακτηριστικά, χλωροφύλλη, βιταμίνη C, καροτενοειδή, ολικά φαινολικά, ανόργανα στοιχεία, αιθέρια έλαια, φλαβονοειδή, μετασυλλεκτική μεταχείριση, αζωτούχο λίπανση, αλατότητα, υδατική καταπόνηση.

Abstract

The aim of the present thesis was to study the effects of nitrogen application, high levels of salinity and water stress on the growth, quality and post-harvest behaviour of dill during two cultivation seasons, as well as on the inorganic ion content, the essential oil yield and composition of the leaves, flowers and fruits.

Effect of N-fertilization

By the application of N-fertilizer to a level of 300 ppm N in the autumn and 150 ppm N in the spring higher plant yield (fresh weight and leaf number) without a large accumulation of nitrates within the plant tissues was achieved. Increasing N-application to 300 or 450 ppm N positively influenced the concentrations of chlorophyll, carotenoids and vitamin C, but caused a concomitant reduction in total phenolics. Ισοραμνετίνη was the major flavonoid in autumn and quercetin in spring. In the autumn, the concentrations of quercetin and isorhamnetin progressively decreased with the increase in N-application, while in the spring a correspondingly significant reduction occurred at 450 ppm N. The concentration of nitrates in the leaves and stems rose at the levels of 300 and 450 ppm N irrespective of the cultivation season. Nitrate concentrations were higher in the stems at low levels of N-application (50 and 150 ppm N), but in the leaves at the higher N levels (300 and 450 ppm N). Quantitative analysis of the essential oils revealed a positive effect of increasing N-application on oil yield in comparison with the control, irrespective of season. Qualitative oil analysis showed that the principal essential oil constituents of the leaves were α -phellandrene and π -cymene. In the autumn, increases in the concentrations of α -phellandrene and π -cymene were recorded at 300 and 450 ppm N respectively.

Effect of salinity

Irrespective of the cultivation season, increasing salinity up to a level of 6 dS m⁻¹ caused an increase in the fresh weight of the plant, leaves and flower stems, but at 8 dS m⁻¹ a reduction occurred. The percentage of flowering increased with increasing salinity in the spring crop. The concentration of chlorophyll in the leaves was either unaffected or increased under the influence of increasing salinity in the autumn, but in the spring was either unaffected or decreased. The vitamin C content rose with increasing salinity in the autumn crop, as well as in the spring during year 2. The carotenoid concentration in the autumn was not affected by the increase in salinity, but in the spring decreased at the levels of 4-6 dS m⁻¹. The concentration of total phenolics increased at 2.0 dS m⁻¹ compared with the control in both autumn and spring, but in the autumn decreased at 4-6 dS m⁻¹. The concentration of

quercetin declined with increasing salinity in the spring, whereas that of kaempferol increased at 8 dS m⁻¹ in the autumn. The concentrations of sodium and chlorine were higher at 6-8 dS m⁻¹ than at the lower salinity levels irrespective of the season, whereas the concentrations of potassium, iron, manganese and zinc in the leaves and petioles were either not affected or fell with increasing salinity in both seasons of cultivation. In contrast, the concentrations of calcium and magnesium decreased in the petioles under increasing salinity levels, but increased in the laminae at 2 dS m⁻¹.

The yield of essential oil from the leaves of dill in autumn was not affected by increasing salinity, but in the flowers an increase in oil yield occurred under saline conditions compared with the control. In the spring, an increase in essential oil yield was obtained from the leaves at 4.5 dS m⁻¹ and from the flowers at 1.5-5 dS m⁻¹. Analysis of the essential oil from the leaves revealed that most major constituents increased at 4-6 dS m⁻¹, but *ανηθοφουράνιο* decreased. In contrast, increasing the salinity level to 4 or 6 dS m⁻¹ caused a reduction in the relative concentrations of α -pinene, α -phellandrene and dill ether in the flowers, but an increase in carvone.

Quality characteristics during storage

From the study of the post-harvest behaviour of dill, it was concluded that storage of fresh leaves in permeable plastic ("Cling" film) was not commercially acceptable because of high weight loss, which reached 32% after one week and 51% after two weeks' storage. In contrast, when enclosed in impermeable plastic weight loss did not exceed 15% in one week or 17% in two weeks.

The synthesis of the atmosphere altered within the impermeable plastic packages, with a progressive decrease in the concentration of O₂ and a concomitant increase in CO₂. In general, increasing storage temperature caused a loss of chlorophyll. In the autumn, the carotenoid content was not affected by storage temperature irrespective of N-application, but decreased under low levels and rose under high levels of salinity. Also in the autumn, the concentration of vitamin C decreased with increasing storage temperature, mainly in leaves produced under low levels of N-application or salinity up to 4 dS m⁻¹. Although the concentration of total phenolics at harvest was higher at high N levels (300-450 ppm), during storage no differences in phenolics content were apparent irrespective of the storage temperature, but under the influence of low salinity (0-2 dS m⁻¹) a reduction in total phenolics was observed in the first two years. Nitrate concentrations were not affected by the duration of storage in the autumn, but increased in leaves from the low N-levels in the spring. The concentration of nitrates during storage of leaves produced in the autumn was lower at 10°C

than at 2 or 5°C, but during the spring no significant effect of storage temperature was observed irrespective of N-application. The concentration of inorganic elements (chlorine, sodium, potassium, calcium, magnesium, manganese, iron and zinc) fluctuated during storage depending on the temperature, the level of salinity and the cultivation season.

Effect of water stress

In spring, water stress provoked a reduction in plant growth (plant weight, leaf number). The concentration of chlorophyll increased under WS 40, but no significant change in the concentrations of carotenoids, vitamin C or total phenolics was observed. The increase in water stress brought about an increase in the percent dry matter content of the leaves at the level of WS 60, while in the stems the dry matter content increased progressively with increasing water stress. The nitrate content of the leaves increased at the levels of WS 40 and WS 60 in comparison with the control, but in the stems this increase was significant only at WS 60. In contrast, the concentrations of chlorine and sodium decreased with increasing water stress, as did the concentration of potassium (at WS 60), but increased in the stems at WS 40.

Cultivar comparison

Comparing the effects of N-application and salinity stress on five dill cultivars (Bouquet, Diana, Dill, Dukat, Tetra) revealed that while the cultivars differed with respect to their inherent growth and quality characteristics during both cultivation seasons, their response to N-application and salinity was similar overall. Consequently, it may be concluded that cv. Dukat (which alone was used in all the other experiments) is a typical dill cultivar and therefore the results that are presented here are representative not only of this particular cultivar but of dill in general given the same experimental conditions.

Final conclusion

From the results of the present experiments it may be concluded that taking into account both yield and quality aspects, dill is an aromatic plant that may be cultivated best at a level of 300 ppm N in the autumn and 150 ppm N in the spring. It is a plant that is relatively resistant to salinity (up to 6 dS m⁻¹), but not to water stress, especially during periods of high temperature. The storage life of fresh dill may be extended to two weeks provided that the storage temperature is low (2°C) and water loss is restricted.

Keywords: dill, quality characteristics, chlorophyll, vitamin C, carotenoids, total phenolics, nutrients, essential oils, flavonoids, post-harvest treatment, nitrogen fertilization, salinity, water stress.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Καταγωγή - Βοτανική ταξινόμηση

Ο άνηθος (*Anethum graveolens* L.) είναι ετήσιο αρωματικό φυτό ιθαγενές των χωρών της Ανατολικής Μεσογείου και της Νότιας Ρωσίας (Κουτσός, 2006). Συναντάται στην Ευρώπη και στη βόρεια Αμερική είτε ως αυτοφυές είτε ως καλλιεργούμενο.

Ο άνηθος ανήκει στην τάξη Σελινώδη (Ariales), στην υφομοταξία Ροδίδες (Rosidae), στην ομοταξία Δικοτυλήδονα (Magnoliopsida) και στη συνομοταξία Αγγειόσπερμα (Magnoliophyta) (Πηγή Internet: www.el.wikipedia.org/wiki/Άνηθος). Η οικογένεια Apiaceae, η οποία αποτελείται κυρίως από ποώδη ετήσια, διετή ή πολυετή φυτά, περιλαμβάνει περίπου 300 γένη και 3000 είδη φυτών τα περισσότερα των οποίων καλλιεργούνται ή φύονται στο βόρειο ημισφαίριο (Buishand et al., 1986). Στην οικογένεια αυτή κατατάσσονται εδώδιμα είδη που καλλιεργούνται ως λαχανικά ή αρτυματικά, όπως το σέλινο (*Apium graveolens* L.), το καρότο (*Daucus carota* L), ο μαϊντανός (*Petroselinum crispum* L), ο μάραθος (*Foeniculum vulgare* Mill. Syn. *F. officinale* Gaertn.) και άλλα. Τα καλλιεργούμενα είδη άνηθου καταναλώνονται νωπά ή μαγειρεμένα και χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων στη φαρμακευτική και στην αρωματοματοποιία (Σαρλής, 1999; Buishand et al., 1986), ενώ οι σπόροι του άνηθου, όπως αυτών του κύμινου (*Cuminum cyminum* L.), του κόλιανδρου (*Coriandrum sativum* L.) και του μάραθου, της ίδιας οικογένειας, ανήκουν στην κατηγορία των μπαχαρικών.

Ο άνηθος (*Anethum graveolens* L.) αποτελεί το μοναδικό είδος του γένους *Anethum*, ενώ ένας διαφορετικός τύπος άνηθου που καλλιεργείται στην Ινδία, και συχνά ταξινομείται ως χωριστό είδος (*Anethum sowa* Roxb. ex Fleming) διότι παρουσιάζει πιο έντονο άρωμα και μορφολογικές διαφορές, στην ουσία αποτελεί βοτανική ποικιλία του *A. graveolens* (Guzman and Siemonsma, 1999).

1.2 Ιστορικό

Ο άνηθος ήταν γνωστός από τα Ομηρικά χρόνια για τις φαρμακευτικές του ιδιότητες (Μυρωνίδου-Τζουβελέκη κ.α., 2009). Στην αρχαία Ελλάδα θεωρούσαν το φυτό του άνηθου σημάδι πλούτου ενώ έκαιγαν αρωματικό λάδι άνηθου στα σπίτια και χρησιμοποιούσαν τα αιθέρια έλαια στην παραγωγή κρασιού. Ο Διοσκουρίδης χρησιμοποιούσε το “άνηθον το βαρύοσμον” ως ηρεμιστικό, ενώ αναφέρει στα κείμενά του ότι οι Αρχαίοι Έλληνες και οι Ρωμαίοι στρατιώτες τοποθετούσαν καμένους σπόρους άνηθου πάνω στις πληγές τους προκειμένου να επουλωθούν (Rogers, 2009). Ο Ιπποκράτης έγραψε μια συνταγή για τον

καθαρισμό του στόματος κατά τον οποίο γινόταν πλύση με σπόρους άνηθου οι οποίοι είχαν εμβαπτιστεί σε λευκό κρασί, ενώ επίσης οι αρχαίοι Έλληνες πίστευαν πως καλύπτοντας τα μάτια τους με φύλλα άνηθου προκαλούσαν την επιθυμία για ύπνο (Krymow, 1989). Αναφέρεται ότι ο Πλίνιος (23-79 μ.Χ.) και ο Διοσκουρίδης χρησιμοποιούσαν τον άνηθο θεραπευτικά για το λόξυγκα, τον τυμπανισμό και την πέψη (Le Strange, 1977) και ο Πλίνιος στο βιβλίο του “Naturalis Historia” παρουσίασε πληροφορίες για τον άνηθο στον τομέα με τα εξωτικά και αρωματικά φυτά. Ακόμα από τα άνθη παρασκεύαζαν άρωμα το οποίο προσέθεταν στο κρασί τους, γνωστό ως “ανηθίτης οίνος” (Guzman and Siemonsma, 1999).

Για τους αρχαίους Αιγύπτιους ο άνηθος αποτελούσε φυτό με εξαιρετικές φαρμακευτικές ιδιότητες που αναφέρθηκε στο πάπυρο Ebers (1500 π.Χ.) και το χρησιμοποιούσαν ως βασικό συστατικό για την παρασκευή παυσίπων (Krymow, 1989), ενώ ίχνη άνηθου αναγνωρίστηκαν στον τάφο του Αμενοφές του Β΄ της Αιγύπτου (Le Strange, 1977). Ο άνηθος επίσης αναφέρεται και στην Αγία Γραφή, στο κατά Ματθαίου Ευαγγέλιο (23:23), ενώ υπάρχει και αναφορά “anise” όπου οι γνώμες δίστανται αν είναι ο γλυκάνισος ή ο άνηθος (Krymow, 1989). Στο Λίβανο η παράδοση λέει ότι ο Αβραάμ έμαθε στον λαό του την καλλιέργεια και χρήση του άνηθου όταν επέστρεψε από τον βορρά (Duke, 2001) και παράλληλα υπάρχουν αναφορές ότι το 3000 π.Χ. οι Βαβυλώνιοι καλλιεργούσαν άνηθο στους κήπους τους (Hemphill, 2000).

Στην Αρχαία Ρώμη ο άνηθος ήταν πολύτιμο αρωματικό χόρτο και θεωρείτο σύμβολο τύχης με δυναμωτικές ιδιότητες. Γι’ αυτό οι μονομάχοι έτρωγαν τα φύλλα του άνηθου μαζί με κρέας ώστε να αποκτήσουν δύναμη και ανδρεία (Krymow, 1989). Ακόμα κατασκευάστηκαν στεφάνια και γιρλάντες, για να φορεθούν στο κεφάλι των νικηφόρων ηρώων τους, ενώ οι αθλητές άλειφαν τα σώματά τους με τα αιθέρια έλαια των καρπών του άνηθου γιατί ήταν τονωτικά και μυοχαλαρωτικά (Guzman and Siemonsma, 1999).

Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα, ο άνηθος χρησιμοποιήθηκε σαν διακοσμητικό φυτό αλλά και για να δίδει φρεσκάδα στα σπίτια και τις αίθουσες δεξιώσεων. Το γλυκό φρέσκο χαρακτηριστικό άρωμά του ήταν αρκετά ευχάριστο και έντονο για να εξουδετερώσει τις δυσάρεστες οσμές. Θεωρούσαν πως είχε και μαγικές ιδιότητες για αυτό και το χρησιμοποιούσαν στα ξόρκια, έτσι ώστε να αποκρούσει το “κακό μάτι”. Ο Charlemagne (742 ή 747/8-814) είχε φιαλίδια με τσάι άνηθου διαθέσιμα στα δείπνα τα οποία παρέθετε έτσι ώστε αν χρειάζονταν οι φιλοξενούμενοι, να το έπιναν για να σταματήσει ο λόξυγκας. Ο Άγγλος βοτανολόγος Culpeper (1616-1654) γράφει στο βιβλίο του “Complete Herbal” ότι “το χόρτο (δηλ. ο άνηθος) βρασμένο σε κρασί σταματάει το λόξυγκα και χρησιμοποιείται στα σκευάσματα για την αποβολή των αερίων και των πόνων που προκαλούν” (Rogers,

2009). Στην Αγγλία η καλλιέργεια του άνηθου σε κήπους ήταν ευρεία διαδεδομένη από το 17^ο αιώνα (Le Strange, 1977), ενώ ίχνη άνηθου έχουν βρεθεί στην Ελβετία σε νεολιθικούς οικισμούς και στη Μεγάλη Βρετανία σε ρωμαϊκά ερείπια (Πηγή Internet: <http://en.wikipedia.org>). Στη Γερμανία και στο Βέλγιο οι νύφες επισύναπταν ένα κλαδάκι άνηθου πάνω στα νυφικά τους ή στις ανθοδέσμες τους, διότι έτσι πίστευαν, ότι ο γάμος τους θα ήταν καλότυχος και ευτυχισμένος (Müller-Ebeling and Wolf-Dieter, 1998). Επίσης ο άνηθος έχει καλλιεργηθεί από την αρχαιότητα στην κεντρική και Νότια Ασία και στην Ινδία (Kaur and Arora, 2009).

Στην Αμερική ο άνηθος έφτασε με τους πρώτους άποικους, καθώς υπάρχουν αναφορές ότι ο John Winthrop (1587/8-1649), ο οποίος οδήγησε μια ομάδα Άγγλων Πουριτανών στο “Νέο Κόσμο”, καλλιεργούσε άνηθο στον κήπο του (Le Strange, 1977). Στη Αμερικανική ιστορία, ο άνηθος ήταν γνωστός ως “meetin’ seed” επειδή κατά τη διάρκεια των κηρυγμάτων της Κυριακής μασούσανε τους σπόρους οι πιστοί για να παραμείνουν νηφάλιοι και τα μικρά παιδιά για να ηρεμήσουν (Krymow, 1989).

1.3 Ονοματολογία

Η λατινική ονομασία *Anethum graveolens* περιγράφει τα χαρακτηριστικά του φυτού. Η λέξη “Anethum” είναι συνδυασμός των λέξεων “Ano” και “Theo”, που σημαίνει “τρέχω προς τα πάνω” (Tucker and De Baggio, 2000). Μια άλλη εκδοχή της προέλευσης της λέξης “Anethum” προέρχεται από την Αρχαία Ελλάδα όπου ο άνηθος ήταν γνωστός με τις ονομασίες “άνηθον” και “άνησον”, που είναι πιθανότατα και η προέλευση της αγγλικής λέξης “anise” (γλυκάνισος) (Katzner, 2009). Η ονομασία “graveolens” συνδυάζει τις λέξεις “gravis” που σημαίνει δυνατό” και “oleo”, που σημαίνει “παράγω μια μυρωδιά”, ενώ ο συνδυασμός του σημαίνει “εκπέμπω μια βαριά οσμή ή δυνατό άρωμα”. Έτσι συνοπτικά, η λατινική ονομασία “*Anethum graveolens*” σημαίνει ότι ο άνηθος είναι ένα ψηλό φυτό με έντονη ανάπτυξη που εκπέμπει μια έντονη μυρωδιά (Eland, 2008).

Η κοινή αγγλική και η γερμανική ονομασία “dill” προέρχεται από την νορβηγική λέξη “dilla”, που σημαίνει “ηρεμία, ησυχία”. Άλλα κοινά ονόματα συμπεριλαμβάνουν τα εξής: Αγγλικά: dill seed, dilly, garden dill. Γαλλικά: aneth. Γερμανικά: dill. Ιταλικά: aneto. Ισπανικά: eneldo. Ινδικά: surva (Κουτσός, 2006; Πηγή Internet: www.theepicentre.com).

1.4 Οικονομική αξία

Η καλλιέργεια του άνηθου παγκοσμίως γίνεται κυρίως για τους σπόρους του. Η Ινδία και το Πακιστάν είναι οι πρώτες χώρες στον κόσμο σε παραγωγή άνηθου ενώ ακολουθούν η

Κίνα, το Μεξικό και η Ισπανία. Η καλλιέργεια του άνηθου γίνεται πλέον σε ευρύτερη κλίμακα στην Ευρώπη (Ουγγαρία, Γερμανία, Πολωνία, Αγγλία, Ολλανδία), την Αμερική (Η.Π.Α., Μεξικό), την Αίγυπτο και την Ασία (Robinson and Myers, 1998; Πηγή Internet: <http://el.wikipedia.org/wiki/>). Οι Ηνωμένες Πολιτείες (περίπου 600 τόνοι ετησίως), η Ιαπωνία (50 τόνοι) και η Γερμανία (30 τόνοι) είναι οι χώρες με τη μεγαλύτερη κατανάλωση. Η παγκόσμια ετήσια παραγωγή ελαίου από σπόρους άνηθου εκτιμάται σε 50 τόνους, με αξία 0,3 εκατομμύρια δολάρια.

Η παραγωγή άνηθου για αρτυματική χρήση (κυρίως νωπού, αποξηραμένου ή ενίοτε λυοφιλοποιημένου) είναι μικρής κλίμακας σε κήπους και γι' αυτό δεν υπάρχουν διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία για την παραγωγή. Η Σκανδιναβία και η Γερμανία (200 εκτάρια) είναι από τις μεγαλύτερες χώρες σε παραγωγή στην Ευρώπη. Η παγκόσμια ετήσια παραγωγή ελαίου από τα πράσινα μέρη του φυτού εκτιμάται σε 100-150 τόνους, με αξία περίπου 1 εκατομμύριο δολάρια. Η παραγωγή του άνηθου κυμαίνεται από 3 μέχρι 20 τόνους το εκτάριο σε φρέσκο φύλλα, ενώ η παραγωγή σπόρων κυμαίνεται από 0,7 μέχρι 1,2 τόνους ανά εκτάριο. Η παραγωγή αιθέριων ελαίων από φύλλα και από άνθη εκτιμάται στα 56 kg ha⁻¹ και 30 kg ha⁻¹, αντίστοιχα. Η παραγωγή αποξηραμένου άνηθου αγγίζει το 10% της παραγωγής (Guzman and Siemonsma, 1999).

Στατιστικά στοιχεία για την οικονομική αξία του άνηθου, την καλλιεργήσιμη έκταση στην Ελλάδα και για τις ποσότητες εισαγωγής ή εξαγωγής δεν υπάρχουν διότι η καλλιέργεια γίνεται κυρίως σε μικρούς λαχανόκηπους, οικιακούς και εμπορικούς (Κουτσός, 2006). Η μοναδική αναφορά η οποία εντοπίστηκε είναι από τον Βασιλείου (2004), με στοιχεία από το 2003, σύμφωνα με την οποία βάση του σπόρου που εισάγεται καλλιεργούνται 1500 στρέμματα με άνηθο. Ωστόσο, πολλοί καλλιεργητές χρησιμοποιούν εγχώριους σπόρους και τους διατηρούν από τον ένα χρόνο στον άλλο. Οι κύριες περιοχές που καλλιεργείται είναι Μέγαρα, Μαραθώνας, Θήβα, Κοζάνη, Θεσσαλονίκη και Καβάλα.

1.5 Χρήσεις του άνηθου

Χρήση ως τρόφιμα

Η βασική εμπορική χρήση του άνηθου είναι στη βιομηχανία τροφίμων όπου χρησιμοποιείται κυρίως το αιθέριο έλαιο από τους σπόρους, και τα φύλλα στην παραγωγή τουρσιών. Το αιθέριο έλαιο του άνηθου χρησιμοποιείται επίσης για να αρωματίσει ποτά (liqueurs). Τα φύλλα, ο σπόρος και το αιθέριο έλαιο του άνηθου χρησιμοποιούνται σε ψημένα φαγητά, σνακ, καρυκεύματα και κρέατα.

Στη μαγειρική χρησιμοποιείται κυρίως το φύλλωμα (φρέσκο, κατεψυγμένο ή αποξηραμένο) ως άρτυμα σε σούπες, στιφάδο, βραστά λαχανικά και άλλα. Χρησιμοποιείται επίσης για να αρωματίσει σάλτσες, βούτυρα και τυριά. Οι σπόροι χρησιμοποιούνται ολόκληροι ή σε σκόνη σε τουρσί, σε σάλτσες, στη ζαχαροπλαστική και στην αρτοποιία καθώς και ως συστατικό για την παρασκευή του κάρυ (κυρίως στην Ινδία). Από τους καρπούς του άνηθου λαμβάνεται με εκχύλιση και ξήρανση του εκχυλίσματος η ελαιορητίνη, μια αρωματική συμπυκνωμένη σκόνη, που συστήνεται σε δίαιτες με ελάχιστο ή καθόλου αλάτι (Κουτσός, 2006; Christman, 2003; Hemphill, 2000; Raghavan, 2007; Robinson and Myers, 1998).

Χρήσεις στη φαρμακευτική και την ιατρική

Ο άνηθος έχει ιδιαίτερη χρήση στην ιατρική και στη φαρμακευτική. Για παράδειγμα, αναφέρεται ότι το εκχύλισμα από σπόρο άνηθου ανακουφίζει τις διαταραχές του πεπτικού συστήματος (διεγερτικό πέψης) και τις στομαχικές διαταραχές (ως τσάι), για αυτό και χρησιμοποιείται σε θεραπείες κατά των εντερικών ενοχλήσεων (Pleasant, 2006) όπως και κατά του κολικού και του λόξυγκα (Le Strange, 1977). Οι γερμανικές υγειονομικές αρχές έχουν εγκρίνει τον άνηθο ως θεραπεία για προβλήματα του εντέρου που σχετίζονται με βακτήρια (Chaurasia and Jain, 1978). Όπως και με το κύμινο, το μάσημα των σπόρων του άνηθου εξουδετερώνει τη δυσσομία του στόματος, «χαλίτωση», ενώ τα αιθέρια έλαια του φυτού χορηγούνται με σκοπό την ανακούφιση των σπασμών του εντέρου και των κολικών (Duke, 2001; Fleming, 2000; Guzman and Siemonsma, 1999). Έχει παρατηρηθεί, ότι ο άνηθος είναι ισχυρό αντισηπτικό και έχει διουρητική, σπασμολυτική και αντιεμετική δράση. Επίσης, οι σπόροι χρησιμοποιούνται ως αφέψημα καθώς θεωρείται καλό αντιβηχικό (Hornok, 1992; Nair and Chanda, 2007; Sharma, 2004). Η ηρεμιστική δράση των σπόρων του άνηθου οφείλεται στην ψυχοτρόπο ουσία myristicin, αλλά σε ορισμένους ανθρώπους μπορεί να προκαλέσει δερματίτιδα και φωτοευαισθησία (Duke and Ayensu, 1987).

Για πολλούς αιώνες οι μητέρες χρησιμοποιούσαν το τσάι άνηθου ως θεραπεία για τους κολικούς των βρεφών (ακόμη και σήμερα αποτελεί συστατικό του 'gripe water') ή για να τα ηρεμήσουν ενώ πιστεύεται ότι έχει την ικανότητα να διεγείρει τη ροή του γάλακτος σε θηλάζουσες μητέρες. Βοηθάει, ακόμα, σε περιπτώσεις υπεραιμίας του μαστού, η οποία προκαλείται ενίοτε από το θηλασμό, ενώ μετριάξει και τη ναυτία. Η λαϊκή ιατρική χρησιμοποιεί τον άνηθο για την ανακούφιση των αιμορροΐδων (Pulliah, 2002; Rogers, 2009).

Πολλά πειράματα έχουν αποδείξει τις αντιμικροβιακές (Chaurasia and Jain, 1978; Delaquis et al., 2002), αντιυπερλιπιδαιμικές και αντιυπερχοληστερολεμικές ιδιότητες του

άνηθου (Yazdanparast and Alavi, 2001), ενώ αιθέρια έλαια που απομονώθηκαν από σπόρους άνηθου που είχαν αποθηκευτεί για 35 χρόνια παρουσίασαν υψηλή δραστηριότητα κατά των μυκήτων *Aspergillus niger*, *Saccharomyces cerevisiae* και *Candida albicans* (Jirovetz et al., 2003) και εκχυλίσματα αιθανόλης από άνηθο έδρασαν ικανοποιητικά κατά των βακτηρίων: *Proteus mirabilis*, *Staphylococcus aureus*, *Alcaligenes faecalis* και *Bacillus cereus* (Nair and Chanda, 2007). Έχει αναφερθεί ότι υδατικά εκχυλίσματα των σπόρων άνηθου έδειξαν ένα ευρύ φάσμα αντιβακτηριακής δραστηριότητας (Kaur and Arora, 2007) η οποία βασίζεται στην παρουσία των ουσιών dill apiole και anethole (Frag et al., 1989).

Κάποιες ουσίες που απελευθερώνονται από τους σπόρους του άνηθου σε υδατικά εκχυλίσματα ή εκχυλίσματα σε αιθανόλη φαίνεται να έχουν σημαντική αντιοξειδωτική δράση (Mohammad Al-Ismail and Aburjai, 2004). Τα εκχυλίσματα αυτά έχουν προστατευτική δράση στους βλεννογόνους, καθώς και αντiekκριτικές ιδιότητες (Hosseinzadeh et al., 2002). Έχουν απομονωθεί από εκχυλίσματα των σπόρων δύο φλαβονοειδείς αντιοξειδωτικές ουσίες, η κουαρσετίνη και η ισοραμεντίνη, οι οποίες μπορούν να εξουδετερώσουν ελεύθερες ρίζες. Αυτή η ιδιότητα μπορεί να βοηθήσει πολύ στο πεπτικό έλκος (Mahran et al., 1992; Möhle, 1985). Τα ακατέργαστα εκχυλίσματα του άνηθου εκτός της ισχυρής αντιυπερλιπιδαιμικής δράσης μπορούν επίσης να βελτιώσουν τη βιολογική αντιοξειδωτική δράση με τη μείωση της υπεροξειδωσης λιπιδίων στο ήπαρ (Bahramikia and Yazdanparast, 2007). Τέλος, έχουν αναφερθεί πειραματικές μελέτες που δείχνουν ότι το εκχύλισμα των σπόρων του άνηθου έχει αντικαρκινικές, αντιοξειδωτικές, αντiekκριτικές, αντισπασμωδικές, αντιμικροβιακές, καρδιοπροστατευτικές, εντομοκτόνες και διουρητικές επιδράσεις (Kaur και Arora, 2010; Sushruta, et al., 2006). Χρησιμοποιείται επίσης για ψυχικές διαταραχές ως καταπραϋντικό και ηρεμιστικό, για τη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης και την υπεργλυκαιμία (Hornok, 1992; Nair and Chanda, 2007; Sharma, 2004).

Χρήσεις στην αρωματοβιομηχανία

Η αρωματοβιομηχανία χρησιμοποιεί το αιθέριο έλαιο του άνηθου στη παραγωγή σαπουνιών, αρωμάτων, απορρυπαντικών, κρεμών και λοσιόν (Tainer and Grenis, 2001).

Χρήσεις σαν εντομοκτόνο

Ο άνηθος περιέχει ουσίες με ιδιότητες κατά των εντόμων και μπορεί να θεωρηθεί, από αυτή την άποψη, «εντομοκτόνο φάρμακο». Το αιθέριο έλαιο του άνηθου παρουσίασε ισχυρή εντομοκτόνο δράση κατά των αρσενικών και θηλυκών ακμαίων γερμανικών κατσαρίδων *Blattella germanica* (Yeom et al., 2012), κατά των ιαπωνικών τερμιτών *Reticulitermes speratus* και κατά των προνυμφών και των ακμαίων του *Tribolium castaneum*

που καταστρέφει τα σιτηρά (Chaubey, 2007) με τις φαινολικές ουσίες να έχουν ισχυρότατες ιδιότητες εντομοκτόνου (Seo et al., 2009). Η δράση εντομοκτόνου οφείλεται στις ενώσεις που περιέχουν οι σπόροι, όπως η d-καρβόνη (Κουτσός, 2006; Christman, 2003; Guzman and Siemonsma, 1999) ή ανηθόλη (Kirtikar and Basu, 1987).

Οικολογική χρήση του άνηθου

Ο άνηθος είναι ιδανικός για συγκαλλιέργεια με καλαμπόκι, μπρόκολο, μαρούλι και κρεμμύδι. Η συγκαλλιέργεια του άνηθου με μάραθο αυξάνει τη σποροπαραγωγή στο δεύτερο διότι τα κίτρινα άνθη του άνηθου προσελκύουν τα έντομα και αυξάνουν την επικονίαση των δυο ειδών (Carruba et al., 2008). Τα φύλλα του άνηθου φιλοξενούν ωφέλιμα έντομα όπως τα *Edovum puttleri*, *Cotesia glomerata*, *Pediobius foveolatus* (Patt et al., 1997; Wanner et al., 2006) και τις προνύμφες των ενηλίκων της οικογένειας Syrphidae, οι οποίες τρέφονται με τη γύρη του άνηθου και είναι αρπακτικά αφίδων (Κουτσός, 2006; Christman, 2003; Guzman and Siemonsma, 1999).

1.6 Διατροφική αξία του άνηθου

Ο άνηθος είναι ιδιαίτερα θρεπτικό φυτό και στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται αναλυτικά, στοιχεία για τη θρεπτική αξία του (Πηγή Internet: <http://ndb.nal.usda.gov>).

Πίνακας 1.1: Συστατικά του άνηθου ανά 100g φύλλων (νωπών και αποξηραμένων) και σπόρων (USDA, 2011).

Συστατικά	Μονάδες μέτρησης	Περιεκτικότητα νωπών φύλλων	Περιεκτικότητα αποξηραμένων φύλλων	Περιεκτικότητα σπόρων
Νερό	g	85,95	7,30	7,70
Ενέργεια (kcal)	Kcal	43,00	253,00	305,00
Πρωτεΐνες	g	3,46	19,96	15,98
Ολικά λιπίδια	g	1,12	4,36	14,54
Υδατάνθρακες	g	7,02	55,82	55,17
Ίνες	g	2,10	13,60	21,10

Πηγή Internet: <http://ndb.nal.usda.gov>.

Πίνακας 1.2: Περιεκτικότητα του άνηθου σε μέταλλα ανά 100g φύλλων (νωπών και αποξηραμένων) και σπόρων σε mg (USDA, 2011).

Μέταλλα	Μονάδες μέτρησης	Περιεκτικότητα νωπών φύλλων	Περιεκτικότητα αποξηραμένων φύλλων	Περιεκτικότητα σπόρων
Ασβέστιο (Ca)	mg	208,00	1784,00	1516,00
Σίδηρο (Fe)	mg	6,59	48,78	16,33
Μαγνήσιο (Mg)	mg	55,00	451,00	256,00
Φώσφορο (P)	mg	66,00	543,00	277,00
Κάλιο (K)	mg	738,00	3308,00	1186,00
Νάτριο (Na)	mg	61,00	208,00	20,00
Ψευδάργυρος (Zn)	mg	0,91	3,30	5,20

Πηγή Internet: <http://ndb.nal.usda.gov>.

Πίνακας 1.3: Περιεκτικότητα του άνηθου στις κυριότερες βιταμίνες ανά 100g φύλλων (νωπών και αποξηραμένων) και σπόρων (USDA, 2011).

Βιταμίνες	Μονάδες μέτρησης	Περιεκτικότητα νωπών φύλλων	Περιεκτικότητα αποξηραμένων φύλλων	Περιεκτικότητα σπόρων
C (ασκορβικό οξύ)	mg	85,000	50,000	21,000
Θειαμίνη	mg	0,058	0,418	0,418
Ριβοφλαβίνη	mg	0,296	0,284	0,284
Νιασίνη	mg	1,570	2,807	2,807
B-6	mg	0,185	1,710	0,250
Φυλλικό οξύ (DFA)	μg	150,000	-	10,000
B-12 (μg)	μg	0,000	0,000	0,000
A (mcg RAE)	μg	386,000	293,000	3,000
A (IU)	IU	7718,000	5850,000	53,000
D (D2+D3) (μg)	μg	0,0	0,0	0,0
D (IU)	IU	0,0	0,0	0,0

Πηγή Internet: <http://ndb.nal.usda.gov>.

Πίνακας 1.4: Περιεκτικότητα του άνηθου σε λιπίδια ανά 100g φύλλων (νωπών και αποξηραμένων) και σπόρων (USDA, 2011).

Λιπίδια	Μονάδες μέτρησης	Περιεκτικότητα νωπών φύλλων	Περιεκτικότητα αποξηραμένων φύλλων	Περιεκτικότητα σπόρων
Ολικά κορεσμένα λιπαρά οξέα	g	0,060	0,234	0,730
Ολικά μονοακόρεστα λιπαρά οξέα	g	0,802	—	9,410
Ολικά πολυακόρεστα λιπαρά οξέα	g	0,095	—	1,010
Χοληστερίνη	mg	0,000	0,000	0,000

Πηγή Internet: <http://ndb.nal.usda.gov>.

Πίνακας 1.5: Περιεκτικότητα του άνηθου σε αμινοξέα ανά 100g νωπών φύλλων (USDA, 2011).

Αμινοξέα	Περιεκτικότητα νωπών φύλλων (g)
Τρυπτοφάνη	0,014
Θρεονίνη	0,068
Ισολευκίνη	0,195
Λευκίνη	0,156
Λυσίνη	0,246
Μεθιονίνη	0,011
Κυστίνη	0,017
Φαινυλάλανη	0,065
Τυροσίνη	0,096
Βαλίνη	0,154
Αγρινίνη	0,142
Ιστιδίνη	0,071
Αλανίνη	0,227
Ασπαρτικό οξύ	0,343
Γλουταμικό οξύ	0,290
Γλυκίνη	0,169
Προλίνη	0,248
Σερίνη	0,158

Πηγή Internet: <http://ndb.nal.usda.gov>.

Πίνακας 1.6: Περιεκτικότητα του άνηθου σε флаβονόλες ανά 100g νωπών φύλλων (USDA, 2011).

Φλαβονόλες	Περιεκτικότητα νωπών φύλλων (mg)
Ισοραμεντίνη	43,50
Καμφερόλη	13,30
Ισοραμεντίνη	0,70
Κουαρσετίνη	55,20

Πηγή Internet: <http://ndb.nal.usda.gov>.

1.7 Βοτανικά χαρακτηριστικά – Περιγραφή

Φυτό

Ο άνηθος είναι ένα μονοετές ποώδες φυτό με όρθια και ελεύθερη διακλάδωση. Το ύψος του μπορεί να φτάσει το 0,5-0,6 m πριν ανθίσει, ενώ όταν ανθίσει και αναπτυχθούν πλήρως τα ανθικά στελέχη φτάνει το 1-1,5 m, οπότε μπορεί να χρειαστεί υποστύλωση (Κουτσός, 2006; Christman, 2003).



Εικόνα 1: Ολόκληρο φυτό άνηθου



Εικόνα 2: Ριζικό σύστημα άνηθου

Ρίζα

Η ρίζα είναι λευκή, πασαλλώδης με πολλές μικρές νηματοειδείς ρίζες. Σε ιδανικά εδάφη μπορεί να φτάσει σε βάθος 1-1.5 m (Κουτσός, 2006; Robinson and Myers, 1998).

Φύλλα

Τα φύλλα αποτελούνται από το μίσχο και το έλασμα (Buishand et al., 1986). Το έλασμα είναι τεφροπράσινο περοσχιδές και διαιρεμένο σε 3-4 λεπτές βελόνες (Κουτσός, 2006) με μήκος περίπου 2,5 cm η καθεμία (Christman, 2003). Το έλασμα του άνηθου μοιάζει

πολύ με αυτό του μάραθου αλλά είναι λίγο πιο πλατύ (Warrier et al., 1994). Ο μίσχος είναι κοίλος, περίπου 13cm σε μήκος και στη βάση του σχηματίζει ανοιχτό κώνο (κολεό) μήκους 1-3cm, ο οποίος αγκαλιάζει το στέλεχος του φυτού. Τα φύλλα είναι διατεταγμένα κατ' εναλλαγή στο στέλεχος και όσο προχωρούμε από κάτω προς τα πάνω, το μήκος και το πλάτος τους μειώνεται. Τα κατώτερα ώριμα φύλλα μπορούν, να φτάσουν 50cm σε μήκος και 25cm σε πλάτος (Guzman and Siemonsma, 1999; Rubatzky et al., 1999).



Εικόνα 3, 4 και 5: Φύλλα άνηθου.

Βλαστός

Ο ανθοφόρος βλαστός (στέλεχος) είναι όρθιας ανάπτυξης, κυλινδρικός, με διακλαδώσεις, έχει χρώμα τεφροπράσινο, ενώ μπορεί να φτάσει μέχρι και 1,5m σε ύψος και έως 12mm σε διάμετρο. Ο βλαστός είναι ραβδωτός και διακρίνεται σε γόνατα, από τα οποία εκφύονται τα σκιαδία, τα φύλλα και τα δευτερογενή ανθοφόρα στελέχη, και κοίλα μεσογονάτια διαστήματα. Η διαφορά του βλαστού του άνηθου από του μάραθου είναι ότι ο βλαστός του άνηθου είναι κούφιος εσωτερικά (Κουτσός, 2006; Σαρλής, 1999; Guzman and Siemonsma, 1999; Rubatzky et al., 1999).

Άνθη - Ταξιανθία

A. Ταξιανθία

Η ταξιανθία είναι ένα σύνθετο σκιαδίο διαμέτρου 4-16cm με ποδίσκο μήκους μέχρι και 30cm και 5-35 πρωτεύοντες ακτίνες ανά σκιαδίο, σε σχήμα ομπρέλας, με διαστάσεις 1-10cm, άνισες μεταξύ τους σε μήκος, με τις μεγαλύτερες να κρέμονται εκτός του σκιαδίου λόγω του μεγαλύτερου μήκους τους. Υπάρχουν και 3-35 δευτερεύοντες ακτίνες ανά ταξιανθία, με μήκος περίπου 15mm (Guzman and Siemonsma, 1999). Η σταδιακή άνθηση της ταξιανθίας δημιουργεί προβλήματα μη ομοιόμορφης ωρίμασης των σπόρων με αποτέλεσμα να γίνεται δύσκολος ο προσδιορισμός του σταδίου συγκομιδής σε καλλιέργειες για σπόρο. Εάν η συγκομιδή γίνει πολύ νωρίς, είναι δυνατόν να υπάρχει ένα μεγάλο ποσοστό

ανώριμων σπόρων ενώ αν καθυστερήσει η συγκομιδή μπορεί να χάνονται οι ώριμοι καρποί / σπόροι λόγω τινάγματος (Copeland and McDonald, 2001).



Εικόνα 6 και 7: Ταξιανθίες άνηθου

B. Άνθη

Τα άνθη του άνηθου είναι μικρού μεγέθους (περίπου 1-3 mm), ερμαφρόδιτα, φέρουν δηλαδή αρσενικά και θηλυκά όργανα. Παρουσιάζουν το φαινόμενο της πρωτανδρίας. Τα σέπαλα είναι υποτυπώδη και μερικές φορές με 5 μικρά δόντια στην κορυφή της ωοθήκης. Τα πέταλα είναι 5, κίτρινου χρώματος, μέχρι 1,5 x 1 mm σε μέγεθος, με σχισμές στο πάνω μέρος. Οι στήμονες είναι 5 με νήματα μήκους $\leq 1,5$ mm. Η επικονίαση πραγματοποιείται από τις μέλισσες, τις πεταλούδες και άλλα έντομα. Η ωοθήκη του είναι υποφυής, με δυο καρπόφυλλα, δίχωρη και με θηλεοειδή νεκταριοφόρο δίσκο στην κορυφή, από όπου φύονται οι δυο στύλοι (Κουτσός, 2006; Σαρλής, 1999; Guzman and Siemonsma, 1999).



Εικόνα 8 και 9: Άνθος άνηθου (Πηγή Internet: <http://www.phytoimages.siu.edu/>)

Καρπός - Σπόρος

A. Καρπός

Μετά τη γονιμοποίηση οι ωοθήκες μετατρέπονται σε καρπούς (τα σχιζοκάρπια), ο καθένας από τους οποίους αποτελείται από 2 ποικιλόμορφα μεριστοκάρπια, το διαχαίνιο, 2,5-6 mm x 2-4mm, αρχικά ανοιχτού πράσινου χρώματος που με την ωρίμανση ξηραίνεται και γίνεται σκούρο καφέ, ενώ περιμετρικά φαίνεται να είναι υπόλευκο μέχρι και ανοιχτό καφέ. Ο καρπός χωρίζεται στη μέση αφού σπάσει το σημείο σύνδεσης των δυο περικάρπιων

κατά την περίοδο ωρίμασής του (Σαρλής, 1999; Guzman and Siemonsma, 1999). Αφού γίνει ο διαχωρισμός του σχιζοκάρπιου, το κάθε περικάρπιο που προκύπτει φέρει ένα σπόρο και μορφολογικά είναι πεπλατυσμένο, συνήθως με 3 διαμήκεις εξέχουσες κορυφογραμμές (oil cells – vittae) και 2 επίπεδες (Pulliah, 2002).



Εικόνα 10, 11 και 12: Ταξικαρπίες άνηθου (Πηγή Internet: www.freebigpictures.com/; <http://www.motherearthliving.com/>; http://en.wikipedia.org/wiki/File:Dill_dried_umbel.jpg)



Εικόνα 13 και 14: Σπόροι άνηθου (Πηγή Internet: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>; <http://gaia.cxr.no/index.php?site=default/637/1838>)

B. Σπόρος

Οι σπόροι είναι επίπεδοι, οβάλ περίπου 4mm σε μήκος, χρώματος καστανού, με 5 πλευρές, ελαφριοί σε βάρος με πικάντικη γεύση όπως του κύμινου και πολύ δυνατό άρωμα. Σε ένα γραμμάριο περιέχονται 400-500 σπόροι (Κουτσός, 2006; Guzman and Siemonsma, 1999; Pulliah, 2002; Rubatzky et al., 1999).

1.8 Καλλιέργεια και πολλαπλασιασμός του άνηθου

Ο πολλαπλασιασμός του άνηθου γίνεται κυρίως με σπόρο (Rubatzky et al., 1999). Η σπορά του άνηθου γίνεται συνήθως, από τις αρχές Μαρτίου έως τα μέσα Απριλίου (Κουτσός,

2006) και όλο το χρόνο, ανάλογα με τον καιρό (Παρασκευόπουλος, 2003) αλλά στα εύκρατα κλίματα τα φυτά αναπτύσσονται καλύτερα αν η σπορά γίνει το φθινόπωρο με ιδανική θερμοκρασία εδάφους για τη βλάστηση να είναι οι 15°C. Οι σπόροι έχουν διάρκεια ζωής 2 χρόνια με καλή βλαστικότητα σε άριστες συνθήκες διατήρησης, μετά τα δύο χρόνια η βλαστικότητα αρχίζει και μειώνεται δραματικά (Παρασκευόπουλος, 2003; Hill and Gwem, 1987; Guzman and Siemonsma, 1999; Tucker and De Baggio, 2000).

Γενικά η σπορά πρέπει να γίνεται σε καλά προετοιμασμένο έδαφος αφού έχει προηγηθεί φθινοπωρινό όργωμα σε βάθος 22-24cm και εφαρμογή καλλιεργητή μέχρι και ένα μήνα πριν τη σπορά. Η σπορά του άνηθου γίνεται στα πεταχτά σε εδάφη χωρίς κλίση ή σε διαμορφωμένες αλίες ή σε γραμμές. Η γραμμική σπορά γίνεται σε αναχώματα ή σε επίπεδο έδαφος έτσι ώστε να μην παρουσιάζονται υψηλές τιμές υγρασίας ενώ οι ιδανικές αποστάσεις φύτευσης μεταξύ των γραμμών είναι περίπου 40cm. Εάν μετά τη σπορά επικρατήσουν συνθήκες ξηρασίας πρέπει να γίνει πότισμα με τεχνητή βροχή ή σταγόνες προκειμένου η υγρασία να φθάσει τουλάχιστον σε βάθος 15cm (Κουτσός, 2006). Το βάθος σποράς πρέπει να μη ξεπερνάει 2-3 φορές το μέγεθος του σπόρου (περίπου 0,5cm). Λόγω του μικρού τους μεγέθους, οι σπόροι μπορούν να ανακατευτούν με πενταπλάσια ποσότητα άμμου ή στάχτης και να σπαρθούν (Παρασκευόπουλος, 2003).

Για σπορά με πνευματική μηχανή απαιτούνται περίπου 350 g στρέμμα⁻¹ αρκεί ο σπόρος να έχει φυτρωτική ικανότητα πάνω από 80% και το έδαφος να είναι ψιλοχωματισμένο. Για τη σπορά με το χέρι ή με κοινή σπαρτική μηχανή απαιτείται μέχρι και διπλάσια ποσότητα σπόρου. Η ποσότητα σπόρου που απαιτείται ανά στρέμμα εξαρτάται και από το σκοπό για τον οποίο καλλιεργείται. Εάν η καλλιέργεια γίνεται για παραγωγή σπόρου τότε η ποσότητα που απαιτείται είναι 0,5-1,0 kg στρέμμα⁻¹, με τελική επιθυμητή πυκνότητα φυτών 12-16000 φυτά στρέμμα⁻¹ και οι αποστάσεις φύτευσης είναι 60-80cm μεταξύ των γραμμών σποράς και 10-15cm επί της γραμμής. Αν η καλλιέργεια γίνεται για παραγωγή νωπού άνηθου, οι αποστάσεις φύτευσης γίνονται 15cm και 10cm αντίστοιχα και μπορεί να χρειαστεί μέχρι και η τετραπλάσια ποσότητα σπόρου (Κουτσός, 2006).

1.9 Εδαφοκλιματικές συνθήκες

Θερμοκρασία

Ο άνηθος είναι φυτό ψυχρής εποχής, επομένως αποδίδει καλύτερα και είναι περισσότερο αρωματικός όταν αναπτύσσεται σε χαμηλές θερμοκρασίες, όμως είναι ευαίσθητος σε συνθήκες παγετού (Guzman and Siemonsma, 1999). Οι υψηλές θερμοκρασίες μειώνουν την ανάπτυξη του φυτού και προκαλούν πρόωρη ανθοφορία, ενώ το εύρος των

ιδανικών θερμοκρασιών για την καλύτερη ανάπτυξη του φυτού είναι 18-25°C με όρια ανάπτυξης 4-35°C και όρια αντοχής 0-40°C (Κουτσός, 2006).

Φωτοπερίοδος

Ως φυτό ψυχρής εποχής η βλαστική ανάπτυξη του άνηθου γίνεται συνήθως σε εποχές μικρής φωτοπεριόδου, ενώ η επαγωγή της άνθησης πραγματοποιείται σε διάρκεια ημέρας 11 έως 14 ωρών (Παρασκευόπουλος, 2003). Ο άνηθος είναι φωτο-ουδέτερο φυτό και η έκθεσή του σε συνθήκες υψηλού φωτισμού απλώς προωθεί τη διαδικασία της άνθησης και επιβραδύνει την παραγωγή φύλλων (Guzman and Siemonsma, 1999; Small, 2006).

Έδαφος

Αν και αναπτύσσεται στα περισσότερα εδάφη, ο άνηθος αποδίδει καλύτερα στα ελαφριά αμμώδη και τα μέτρια αργιλώδη εδάφη με βάθος τουλάχιστον 50 cm, καλή αποστράγγιση, γόνιμο αλλά με ενεργό ασβέστιο λιγότερο από 10% και pH 5,5-7,0 (Κουτσός, 2006; Mioulane, 2007). Το έδαφος πρέπει να είναι απαλλαγμένο από ζιζάνια και να έχει υψηλή υγρασία και οργανική ουσία (Guzman and Siemonsma, 1999).

1.10 Καλλιεργητικές φροντίδες

Λίπανση

Οι απαιτήσεις του φυτού σε φώσφορο και κάλιο είναι μέτριες και οι ποσότητες που υπάρχουν σε ένα καλό έδαφος συνήθως είναι επαρκείς, ενώ όταν γίνει οργανική λίπανση με κοπριά, κομπόστα ή τυποποιημένα οργανικά λιπάσματα του εμπορίου φαίνεται να επωφελείται η καλλιέργεια του άνηθου, διότι εκτός από τα θρεπτικά στοιχεία που περιέχουν γίνεται και βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους.

Η ανόργανη λίπανση στις συμβατικές καλλιέργειες πρέπει να γίνεται βάσει εδαφολογικής ανάλυσης και σε ένα έδαφος μέσης σύστασης, δεν πρέπει να ξεπερνά τις 10 μονάδες αζώτου σε αμμωνιακή μορφή, 7 μονάδες φωσφόρου και 12 μονάδες καλίου ανά στρέμμα σε βασική εφαρμογή (Κουτσός, 2006). Οι επιφανειακές εφαρμογές αζώτου και φωσφόρου πρέπει να γίνονται με προσοχή επειδή επηρεάζουν τη σύσταση των αιθέριων ελαίων του φυτού (Small, 2006). Η λίπανση δεν είναι αναγκαία σε περίπτωση που το γεωργικό έδαφος είναι καλής ποιότητας και επαρκώς εφοδιασμένο με θρεπτικά στοιχεία (Mioulane, 2007) αλλά με την έναρξη της άνθησης, ο άνηθος χρειάζεται αυξημένη αζωτούχα και φωσφορούχα λίπανση. Ωστόσο οι ποικιλίες άνηθου που καλλιεργούνται μέχρι και σήμερα δεν αντιδρούν πάντοτε θετικά στην λίπανση με ανόργανο άζωτο.

Άρδευση

Αν και οι απαιτήσεις του φυτού σε νερό θεωρούνται μέτριες η καλλιέργεια του άνηθου απαιτεί άρδευση γιατί σε άνομβρες χρονιές η απόδοση σε σπόρο δεν ξεπερνά τα 30 kg στρέμμα⁻¹, ενώ με άρδευση μπορεί να φθάσει μέχρι 120 kg στρέμμα⁻¹. Αν επικρατήσουν συνθήκες ξηρασίας μετά τη σπορά, το έδαφος πρέπει να ποτισθεί με τεχνητή βροχή ή σταγόνες, ώστε η υγρασία να φθάσει τουλάχιστον σε βάθος 15cm (Κουτσός, 2006). Ωστόσο, αποφεύγεται το υπερβολικό πότισμα καθώς είναι πολύ ευαίσθητο φυτό στη σήψη λαιμού (ιδιαίτερα στο στάδιο μέχρι τα 5-6 πραγματικά φύλλα) και στην προσβολή από ωίδιο. Ιδανικός τρόπος άρδευσης θεωρείται η τεχνητή βροχή όταν το φυτό φτάσει στο στάδιο της καρπόδεσης, μέχρι το ύψος των 60 cm (Small, 2006).

Άλλες καλλιεργητικές φροντίδες

1.Σκάλισμα. Πρέπει να εφαρμόζεται σκάλισμα περίπου 15 ημέρες μετά το φύτευμα, μαζί με βοτάνισμα.

2.Αραιώμα φυτών. Το αραιώμα των φυτών γίνεται στην περίπτωση πυκνής σποράς και μπορεί να πραγματοποιηθεί μέχρι και 1,5 μήνα μετά το φύτευμα. Στην αραιώση αφήνουμε 3-4 φυτά ανά 30 cm επί της γραμμής (Robinson and Myers, 1998).

3.Καταστροφή ζιζανίων. Για να είναι ποιο αποτελεσματική η αντιμετώπιση των ζιζανίων, 20 ημέρες μετά το πρώτο σκάλισμα θα πρέπει να γίνει ακόμη ένα σκάλισμα επί της γραμμής των φυτών, ενώ το σκάλισμα στο διάστημα μεταξύ των γραμμών μπορεί να γίνει με μηχανικό σκαλιστήρι ή φρεζάκι. Στις συμβατικές καλλιέργειες, για να καταπολεμηθούν τα ετήσια πλατύφυλλα και αγρωστώδη ζιζάνια χρησιμοποιούνται και χημικά μέσα, όπως το trifluralin (Κουτσός, 2006). Ο μεγάλος ανταγωνισμός μεταξύ καλλιέργειας και ζιζανίων επηρεάζει σημαντικά την παραγωγή φύλλων όπως και την παραγωγή και την ποιότητα των αιθέριων ελαίων του άνηθου. Για παράδειγμα, η καρβόνη, που είναι ένα από τα σημαντικότερα συστατικά των ελαίων των σπόρων, παράγεται σε μικρότερες ποσότητες όταν στην καλλιέργεια υπάρχει μεγάλος πληθυσμός ζιζανίων (Guzman and Siemonsma, 1999).

Συγκομιδή

Τα εδώδιμα τμήματα του φυτού είναι το έλασμα με τους μίσχους, τα άνθη και οι σπόροι (Guzman and Siemonsma, 1999). Η συγκομιδή πρέπει να γίνεται νωρίς το πρωί, οπότε το φυτό έχει περισσότερη υγρασία μετά από ένα καλό πότισμα το προηγούμενο βράδυ. Με αυτό τον τρόπο ενισχύεται το άρωμα των φύλλων (Tucker and De Baggio, 2000).

Η συγκομιδή των φύλλων για νωπή κατανάλωση μπορεί να ξεκινήσει όταν έχουν σχηματιστεί πλήρως, περίπου 8 εβδομάδες μετά τη σπορά και το φυτό έχει ύψος 30-40 cm. Η

καλύτερη ποιότητα φύλλων είναι στο στάδιο πριν την άνθηση του φυτού καθώς τότε έχει την υψηλότερη συγκέντρωση αιθέριων ελαίων. Η κοπή πρέπει να γίνεται κοντά στο στέλεχος, στη βάση του μίσχου (Tucker and De Baggio, 2000; Wrightson, 2014).

Όταν ο άνηθος καλλιεργείται για εμπορική παραγωγή σπόρου η συγκομιδή γίνεται με θέρισμα των φυτών, αφού έχουν ωριμάσει οι περισσότεροι καρποί μιας ταξιανθίας και αφήνονται θερισμένα επί τόπου για ξήρανση για 2-3 ημέρες και μετά αλωνίζονται με θεριζοαλωνιστική μηχανή. Η απόδοση σε σπόρο είναι από 30 μέχρι 120 kg στρέμμα⁻¹, στις ξερικές και αρδευόμενες καλλιέργειες αντίστοιχα, (Κουτσός, 2006) ενώ η παραγωγή νωπού βάρους φύλλων είναι περίπου 1 τόνος στρέμμα⁻¹ (Copeland and McDonald, 2001).

1.11 Συντήρηση - Αποθήκευση

Τα νωπά πράσινα φυλλώδη λαχανικά χαρακτηρίζονται από υψηλό ρυθμό αναπνοής / μεταβολισμού αμέσως μετά τη συγκομιδή καθώς και ραγδαία απώλεια νερού / βάρους εξαιτίας της μεγάλης επιφάνειας των φύλλων σε σχέση με τον όγκο τους. Έτσι για να περιοριστεί η μείωση της ποιότητάς τους, τα φυλλώδη λαχανικά όπως ο άνηθος χρειάζονται άμεση ψύξη και αποθήκευση σε χαμηλή θερμοκρασία και υψηλή σχετική υγρασία (Grierson and Wardowski, 1978).

Τα περισσότερα λαχανικά της οικογένειας *Ariaceae*, λόγω των λεπτών και πτεροσχιδών φύλλων, παρουσιάζουν πολύ γρήγορη μάρανση μετά τη συγκομιδή. Ακόμα και σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και υψηλής σχετικής υγρασίας, η μετασυλλεκτική διάρκεια ζωής τους δεν ξεπερνά τις 10-14 ημέρες (Rubatzky et al., 1999). Οι Aharoni et al. (1993) αναφέρουν σαν ιδανική θερμοκρασία αποθήκευσης για όλα τα βότανα (συμπεριλαμβανομένου του άνηθου) τους 0-2°C καθώς έχει τη μικρότερη απώλεια βάρους.

Αμέσως μετά την συγκομιδή τα φύλλα ψεκάζονται με νερό, στη συνέχεια τυλίγονται με απορροφητικό χαρτί και συσκευάζονται σε πλαστικές σακούλες στο ψυγείο, όπου η σχετική υγρασία κατά την αποθήκευση πρέπει να κυμαίνεται από 90 έως 100% (Lange and Cameron, 1994). Ωστόσο, μειονέκτημα της διατήρησης των φρέσκων φύλλων σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι ότι παράγεται αιθυλένιο (Cantwell, 1997) που προκαλεί το κιτρίνισμα των φύλλων και την έντονη μυρωδιά αιθανόλης (Cantwell and Reid, 1993). Στο εμπόριο ο άνηθος πωλείται συνήθως σε μικρά ματσάκια τα οποία τοποθετούνται στο ψυγείο. Το διάστημα διατήρησης με τη συγκεκριμένη μέθοδο είναι περίπου 1-1,5 εβδομάδα.

Η χαμηλή θερμοκρασία όχι μόνο μειώνει την απώλεια νερού αλλά διατηρεί το πράσινο χρώμα (δηλ. τη συγκέντρωση χλωροφύλλης) των φύλλων (Sakaldas et al., 2010). Για παράδειγμα, οι Catunescu et al. (2012) συμπέραναν ότι μετά από αποθήκευση στους 4°C

για 8 ημέρες, η απώλεια της ολικής χλωροφύλλης ήταν 8% στο μαϊντανό και 6% στον άνηθο, ενώ μετά τις 12 ημέρες έφτασε το 42% στο μαϊντανό και 45% στον άνηθο. Παρόμοια, η συγκέντρωση της βιταμίνης C στον άνηθο μειώθηκε ανάλογα με τη διάρκεια και τη θερμοκρασία της αποθήκευσης, όπως και η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών μειώθηκε με την αύξηση της αποθήκευσης από τις 10 στις 30 ημέρες, ενώ η αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης από 0 σε 4°C προκάλεσε αύξηση (Sakaldas et al., 2010).

Ο άνηθος, όπως και ο μαϊντανός, μπορεί να συσκευάζεται σε σακούλες πολυαιθυλενίου και να αποθηκεύεται σε χαμηλές θερμοκρασίες για το περιορισμό της απώλειας της υγρασίας (Catunescu et al., 2012). Επίσης, ο άνηθος μπορεί, να ξεραθεί στους 80°C αρχικά και σταδιακά στους 40°C. Το αποξηραμένο προϊόν θα πρέπει, να έχει μέγιστη περιεκτικότητα σε νερό και τέφρα 8% και 6% αντίστοιχα (Guzman and Siemonsma, 1999). Ωστόσο ο ξηρός άνηθος έχει μειωμένο άρωμα σε σχέση με το νωπό προϊόν.

1.12 Ποικιλίες

Υπάρχουν πολλές ποικιλίες άνηθου. Στην Ελλάδα καλλιεργείται κυρίως η ντόπια ποικιλία τύπου «Αμύνταιου», ενώ υπάρχουν και άλλες ποικιλίες όπως η «Hercules», «Fernleaf», «Dukat», «Superdukat», «Long island» ή «Mammoth», «Ιταλικός», και «Bouquet».

1.13 Εχθροί και ασθένειες

Λόγω του μικρού βιολογικού κύκλου του άνηθου (όταν καλλιεργείται για το φύλλωμα) αλλά και της ανθεκτικότητας που παρουσιάζει, δεν προσβάλλεται εύκολα από ασθένειες και δεν έχει μεγάλο εύρος εχθρών.

Οι μυκητολογικές ασθένειες του άνηθου συμπεριλαμβάνουν:

- (1) **Κηλίδωση των φύλλων (*Itersonillia pastinacae*)** – είναι μύκητας που σχηματίζει δικαρυωτικό μυκήλιο με κρίκους, ενώ παράγει και ελευθερώνει διπύρηνια νεφροειδή βαλλιστοσπόρια διαστάσεων 6-10,5 x 10-16 μm. Τα βαλλιστοσπόρια βλαστάνουν και δίνουν μυκήλιο ή δευτερογενή βαλλιστοσπόρια.
- (2) **Ωίδιο**
 - a. ***Leivellula taurica*** – είναι υποχρεωτικό παράσιτο και εισέρχεται στο φυτό από τα στομάτια και το μυκήλιο του εγκαθίσταται εντός των ιστών του φύλλου.
 - b. ***Erysiphe heraclei/ E. umbelliferarum*** - είναι εκτοπαράσιτο, το οποίο προσβάλλει είδη όπως ο άνηθος, το καρότο και άλλα. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν μικρές

λευκές κηλίδες στην πάνω και κάτω επιφάνεια των φύλλων και ανάπτυξη αλευρωδών σημείων (μυκηλίων και σπορίων).

- (3) **Σκληρωτινίαση (*Sclerotinia sclerotiorum* / *S. minor*)** – είναι ασκομύκητας που αναπτύσσει πλούσιο, πυκνό βαμβακώδες μυκήλιο επάνω στο οποίο σχηματίζονται μαύρα σκληρώτια διαφόρων σχημάτων και διαστάσεων 2-12 x 2-5 mm. Τα σκληρώτια βλαστάνουν και παράγουν μυκήλιο ή καστανοκίτρινα αποθήκια. Επειδή η ασθένεια ευνοείται από την υψηλή εδαφική και ατμοσφαιρική υγρασία, είναι εύκολη η μετάδοσή του μεταξύ των φυτών. Προκαλεί σήψη στην περιοχή του λαιμού των φυτών και αφού προχωρήσει στο εσωτερικό, προκαλεί μαλακή σήψη στους μίσχους των φύλλων.
- (4) ***Pythium*** είναι ωομύκητας που προκαλεί τήξεις σπορίων και φυταρίων, σηψιρριζίες και σήψεις σπερμάτων. Τα πιο συνηθισμένα είδη στα εύκρατα κλίματα είναι το *P. ultimum* και το *P. arrhenomanes*.
- (5) **Αλτερναρίωση (*Alternaria dauci*)** Προκαλεί κηλιδώσεις στα φύλλα σε συγκεντρικούς κύκλους (διαμέτρου μέχρι 5 mm), νεκρώσεις, σηψιρριζίας ή γενικότερες σήψεις (Τζάμος, 2004). Οι κηλίδες είναι ανοιχτού καστανού χρώματος και στην συνέχεια γίνονται νεκρωτικές. Η μετάδοση γίνεται με το σπόρο (Παναγόπουλος 2000), ενώ η ανάπτυξη της ασθένειας ευνοείται από την αυξημένη υγρασία (Κουτσος, 2006).
- (6) Ο μύκητας *Botrytis* sp προσβάλλει τα άνθη και τους καρπούς, ενώ ο μύκητας *Fusarium* sp. προκαλεί αδρομυκώσεις (Nguyen et al., 1999).
- (7) Βακτηριακές ασθένειες που προσβάλλουν τα ανεπτυγμένα φυτά συμπεριλαμβάνουν την υγρή βακτηριακή σήψη (*Erwinia carotovora*) και το *Dysaphis foeniculus* που προκαλεί τήξεις των φυταρίων στα σπορεία, έλκη στη βάση των νεαρών φυτών και νεκρωτικές κηλίδες στα φύλλα. Τα φυτά παρουσιάζουν καχεξία, τα φύλλα καρουλιάζουν και τελικά ξηραίνονται (Παναγόπουλος, 2000).
- (8) Σε καλλιέργειες για σπόρο έχουν καταγραφεί ιώσεις όπως: **Celery Mosaic Virus (CeMV)** Ιός του Μοσαϊκού του Σέλινου, **Carrot Motley Dwarf Virus (CMDV)** Ιός του ποικιλόχρωμου νανισμού του καρότου, **Parsnip Yellow Fleck Virus (PYFV)** Ιός της κίτρινης στιγματώσης της παστινάκας και **Ιός της κίτρινης δακτυλίωσης της αγκινάρας** (Παναγόπουλος 2000).

Στους εχθρούς του άνηθου συμπεριλαμβάνονται οι εξής:

- (1) **Ψύλλα (*Acidia heraclei*)** Η προσβολή αρχίζει από την εναπόθεση των αυγών των ενήλικων ατόμων μέσα στα φύλλα των φυτών. Οι προνύμφες ανοίγουν στοές και τρέφονται με το φύλλωμα.

- (2) **Πεταλούδα (*Papilio machaon*)** Τα τέλεια άτομα εναποθέτουν τα αυγά τους στην επιφάνεια των φύλλων και οι προνύμφες τρέφονται με τους ιστούς δημιουργώντας σοβαρές ζημιές στο υπέργειο τμήμα του φυτού.
- (3) **Αφίδες (*Disaphis foeniculus*, *D. apifolia* κ.α.)** Συνήθως οι αφίδες δεν προκαλούν εκτεταμένες ζημιές στην καλλιέργεια του άνηθου αλλά όταν ο πληθυσμός τους είναι μεγάλος τότε μπορεί να προκαλέσουν ζαρώματα στα φύλλα και στα λεπτά στελέχη των φυτών, μυζώντας τους χυμούς του φυτού.
- (4) **Σιδηροσκώληκες (*Agriotes lineatus*)** Τα νεαρά άτομα εισέρχονται στο εσωτερικό των ριζών και προκαλούν σοβαρές ζημιές στο ριζικό σύστημα των φυτών.
- (5) **Αγρότιδα (*Agrotis spp.*)**, οι προνύμφες (Lepidoptera) της οποίας τρέφονται, κυρίως, με τα υπόγεια όργανα των φυτών (Κουτσός, 2006).
- (6) **Νηματώδεις (*Meloidogyne spp.*)** προκαλούν εξογκώματα και παραμορφώσεις στο ριζικό σύστημα με αποτέλεσμα το μαρασμό των φυτών (Κουτσός, 2006; Παρασκευόπουλος, 2003).

1.14 Τα αιθέρια έλαια του άνηθου

Τα αιθέρια έλαια είναι πτητικές, φυσικές, σύμπλοκες ενώσεις οι οποίες χαρακτηρίζονται από μια ισχυρή οσμή και παράγονται από αρωματικά φυτά ως δευτερογενείς μεταβολίτες. Χαρακτηρίζονται από δύο ή τρεις κύριες ουσίες σε αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις (20-70%) σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ουσίες που υπάρχουν σε μικρότερες ποσότητες, ακόμη σε ίχνη (Bakkali et al., 2008).

Η βασική μέθοδος παραλαβής των αιθερίων ελαίων είναι η ατμοαπόσταξη και η υδροαπόσταξη, μέθοδοι οι οποίες αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά το μεσαίωνα από τους Άραβες. Άλλοι τρόποι παραλαβής των αιθερίων ελαίων είναι η εκχύλιση και η παραλαβή με μηχανικούς τρόπους όπως σύνθλιψη, απόξεση κ.α. (Σκρουμπής, 1988; Bakkali et al., 2008).

Χρήσεις των αιθερίων ελαίων

Τα αιθέρια έλαια των φυτών χρησιμοποιούνται από την εποχή του μεσαίωνα για τις φαρμακευτικές τους ιδιότητες. Οι αλχημιστές προσπαθούσαν μάταια να παραλάβουν από την ύλη το «πέμπτο στοιχείο» όπως το ονόμαζαν (*quinta essentia*). Πίστευαν ότι σε συνδυασμό με τα άλλα τέσσερα στοιχεία, τη φωτιά, τον αέρα, το νερό και το χώμα, σχηματίζονταν όλες οι ουσίες (Latta, 1999). Σήμερα χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα στη φαρμακοβιομηχανία, στην αισθητική, στη γεωργία και τη βιομηχανία τροφίμων. *In vitro* φυσικοχημικές δοκιμασίες χαρακτηρίζουν τα περισσότερα από αυτά ως αντιοξειδωτικά. Ωστόσο, πρόσφατες εργασίες

δείχνουν ότι τα αιθέρια έλαια μπορούν να δράσουν ως εσωτερικά διεγερτικά επηρεάζοντας τις κυτταρικές μεμβράνες και οργανίδια όπως τα μιτοχόνδρια (Bakkali et al., 2008). Τα σκιαδανθή (οικογένεια στην οποία ανήκει ο άνηθος) είναι μια μεγάλη οικογένεια με φυτά πλούσια σε δευτερογενείς μεταβολίτες και αιθέρια έλαια (Margaris et al., 1982).

Σύντομη περιγραφή των αιθέριων ελαίων

Τα αιθέρια έλαια της οικογένειας των σκιαδανθών είναι πλούσια σε δευτερογενείς μεταβολίτες που βρίσκονται υπό τη μορφή μικροσκοπικών κυστιδίων μεταξύ των κυττάρων, όπου δρουν ως ρυθμιστές και καταλύτες στο μεταβολισμό των φυτών. Βοηθούν το φυτό να προσαρμοστεί στο περιβάλλον του και, κατά συνέπεια παράγονται σε μεγαλύτερες ποσότητες όταν τα φυτά αντιμετωπίζουν ακραίες συνθήκες. Παίζουν φυτοϋγειονομικό ρόλο αποτρέποντας την ανάπτυξη παράσιτων και ασθενειών ή ενεργώντας σαν επιλεκτικά ζιζανιοκτόνα, προκειμένου να διατηρήσουν το έδαφος γύρω από το φυτό καθαρό (Mohamed and Abdu, 2004; Syed et al., 1989). Σε γενικές γραμμές αυτά τα συστατικά των αιθέριων ελαίων χωρίζονται σε δύο κύριες ομάδες: α) υδρογονάνθρακες, οι οποίες αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από τερπένια, β) οξυγονούχες ενώσεις, κυρίως αλδεϋδες, κετόνες, αλκοόλες, φαινόλες, οξειδία και εστέρες (Σαρλής, 1993; Özsoan and Chalchat, 2007).

Τα αιθέρια έλαια από τα φύλλα του άνηθου είναι διάφανο λευκό μέχρι καφε-κίτρινο υγρό. Στο στάδιο ανάπτυξης των φύλλων η απόδοση είναι 0,05-0,6%, ενώ με την ανάπτυξη του φυτού στο στάδιο της άνθησης είναι 0,78-0,99%. Όταν τα άνθη αρχίζουν να ωριμάζουν και να γίνονται καρποί (milky-wax seed ripening), η απόδοση των αιθέριων ελαίων είναι 1,28-1,91% και γίνεται 1,9-4,0% όταν οι σπόροι είναι στο στάδιο της ωρίμανσης. Οι βασικές ενώσεις των αιθέριων ελαίων από τα φύλλα του άνηθου είναι το α-φελλανδρένιο (51,1–64,7%), το λιμονένιο (21%), το ανηθοφουράνιο (anethofuran) (24%) οποίες αποτελούν το 90-97% της σύστασης των ελαίων. Σε μικρότερο ποσοστό βρίσκονται επίσης το τερπινένιο, και η καρβόνη, η οποία από 12% στο στάδιο ανάπτυξης φτάνει το 22% στο στάδιο της πλήρους άνθησης και το 35% στο στάδιο πριν την ωρίμανση των σπόρων. Το χαρακτηριστικό άρωμα των φύλλων του άνηθου οφείλεται στο α-φελλανδρένιο, ενώ σημαντικό ρόλο παίζουν και οι ουσίες ανηθοφουράνιο, λιμονένιο, μυριστισίνη, και βουτανικός π-μενθα διενεστερας.

Οι σπόροι του άνηθου περιέχουν 2,5–4% αιθέρια έλαια με κύρια στοιχεία τη καρβόνη (40–55%), ενώ μαζί με το λιμονένιο (21%) και το φελλανδρένιο η σύσταση φτάνει το 90%. Η χαρακτηριστική μυρωδιά του αιθέριου ελαίου των σπόρων οφείλεται κυρίως στη καρβόνη αλλά επιδρούν επίσης και οι 4-βινυλ-2-μεθοξυφενόλη, 4-hydroxy-3-methyl-6(1-methylethyl)

cyclohexenone, και ανηθοφουράνιο (Arora and Srinivas, 2002; Bailer et al., 2001; Charles et al., 1995; Embong et al., 1977; Gupta, 2001; Olle and Bender, 2010; Strunz et al., 1992).

Η χημική σύνθεση των αιθέριων ελαίων του άνηθου

Ο Lawrence (1980) ανέλυσε τη σύσταση των αιθέριων ελαίων του φυλλώματος του άνηθου. Οι ουσίες τις οποίες εντόπισε ήταν: α-πινένιο (0,9%), β-πινένιο (0,1%), μυρκένιο (0,4%), α-φελλανδρένιο (30,2%), λιμονένιο (22,5%), β-φελλανδρένιο (3,8%), π-κυμένιο (1,0%), τερπινολένιο (0,1%), α-π-διμεθυλοστυρένιο (0,1%), ανηθοφουράνιο (5,6%), cis-π-μενθα-2,8-διεν-1-όλη (0,1%), transδιυδροκαρβόνη (0,5%), cis-διυδροκαρβόνη (1,2%), καρβόνη (31,6%), διυδροκαρβεόλη (0,1%), cis-οξεικός εστέρας καρβεόλης (0,1%), trans-καρβεόλη (0,1%), Διυδρολεμονέν-10-όλη (0,1%), Εξανικός διυδρολεμονέν-10-υλ εστέρας (0,1%), Εξανικός π-μενθα-1,3-διεν-10-υλ εστέρας (0,1%) και Βουτανικός π-μενθα-1(7),2-διεν-10-υλ εστέρας (0,1%) ενώ βρέθηκαν και άλλες ενώσεις σε ίχνη. Ωστόσο εξαιτίας της υψηλής συγκέντρωσης της καρβόνης πιθανόν το φύλλωμα που αναλύθηκε να περιέχει άνθη, ακόμη και καρπούς.

Ο Lawrence (1981) έκανε χημική ανάλυση στα αιθέρια έλαια από τους σπόρους του άνηθου. Οι ουσίες τις οποίες απομόνωσε ήταν: λιμονένιο (44.0%), δ-π-διμεθυλοστυρένιο (0.2%), trans-διυδροκαρβόνη (0.4%), cis-διυδροκαρβόνη (2.1%), νεοδιυδροκαρβεόλη (0.2%), καρβόνη (51.5%), διυδροκαρβεόλη (0.1%), ισοδιυδροκαρβεόλη (0.4%), trans-ανηθόλη (0.1%), trans-καρβεόλη (0.1%) και cis-καρβεόλη (0.2%) ενώ βρέθηκαν και άλλες ενώσεις σε ίχνη.

Παράγοντες που επηρεάζουν τη σύσταση των αιθέριων ελαίων του άνηθου

Η σύσταση των αιθέριων ελαίων των φυτών εξαρτάται από την περιοχή της καλλιέργειας και τις κλιματικές συνθήκες στη περιοχή (ψυχρό ή ζεστό κλίμα, υγρασία), τη φωτοπερίοδο, την εποχή σποράς (χειμώνα ή καλοκαίρι) και τη λίπανση κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Η αλατότητα του νερού άρδευσης και του υποστρώματος καθώς και η συχνότητα και η ποσότητα άρδευσης, επίσης επηρεάζουν τη σύσταση των αιθέριων ελαίων όπως και η ποικιλία, το στάδιο ανάπτυξης του φυτού κατά τη συγκομιδή και η διάρκεια και οι συνθήκες αποθήκευσης (ξήρανση ή κατάψυξη) (Olle and Bender, 2010; Udagawa, 1995).

1.15 Επίδραση νιτρικών στον άνηθο

Το άζωτο (N) αποτελεί ένα από τα κυριότερα συστατικά για την ανάπτυξη των φυτών. Η πρόσληψή του από τα φυτά είναι απαραίτητη τόσο για τη σωστή ανάπτυξή τους όσο και για την ομαλή και φυσιολογική λειτουργία τους. Είναι κύριο συστατικό των αμινοξέων, των πρωτεϊνών, των

νουκλειϊνικών οξέων και αρκετών ενζύμων. Στο έδαφος απαντάται είτε σε ανόργανη μορφή δεσμευμένο σε ιζήματα και πετρώματα είτε σε οργανική μορφή όπου μετά τις διεργασίες της αμμωνιοποίησης και νιτροποίησης καθίσταται άμεσα αφομοιώσιμο από τα φυτά. Η κυριότερη πηγή N για τα καλλιεργούμενα φυτά προστίθεται στο έδαφος με τη μορφή συνθετικών λιπασμάτων (θειική αμμωνία, νιτρική αμμωνία, ουρία κτλ.) (Maynard et al., 1976; Pate, 1973).

Επιπτώσεις της αζωτούχου λίπανσης

Η εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης γίνεται με άμεσο στόχο την αύξηση της παραγόμενης βιομάζας και την αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών, όμως η ανάγκη για όλο και υψηλότερες αποδόσεις έχει οδηγήσει συχνά στην αλόγιστη χρήση λιπασμάτων εις βάρος του περιβάλλοντος. Επιπλέον, η συσσώρευση νιτρικών ιόντων στα εδάφιμα φυτικά μέρη αποτελεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία διότι σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλεί ασθένειες όπως η μεθαιμοσφαιριναιμία (Maynard and Barker, 1972) ή το σχηματισμό επικίνδυνων ενώσεων μέσα στον οργανισμό μας, όπως οι νιτροζαμίνες και τα νιτροζαμίδια, ουσίες γνωστές για την καρκινογόνο δράση τους (Walker, 1990). Γι' αυτό οι διεθνείς οργανισμοί FAO (Food and Agricultural Organization) / WHO (World Health Organization) θέσπισαν τον όρο ADI (Acceptable Daily Intake) ή «Αποδεκτή Ημερήσια Πρόσληψη» θέτοντας για τα μεν νιτρικά ιόντα ως αποδεκτό όριο τα $0-3,65 \text{ mg kg}^{-1}$ ανθρώπινου βάρους. Αργότερα, το 1992 η Commission of European Communities Scientific Committee for Food (CECSCF) επαναπροσδιόρισε τα παραπάνω όρια για τα επίπεδα των νιτροδών θέτοντας ως όριο τα $0-0,7 \text{ mg kg}^{-1}$ ανθρώπινου βάρους (Boink and Speijers, 2001; Santamaria, 1997).

Στην Ελλάδα οι Siomos and Dogras (1999) κατέγραψαν τη συγκέντρωση των νιτρικών σε 23 είδη κηπευτικών από την κεντρική λαχαναγορά της Θεσσαλονίκης. Οι συγκεντρώσεις νιτρικών στα δείγματα ήταν κάτω από τα επιτρεπτά όρια της Ε.Ε. (για μαρούλι και σπανάκι: $3500-4500 \text{ mg kg}^{-1}$ ανάλογα με την εποχή και 2500 mg kg^{-1} αντίστοιχα), ενώ η μεγαλύτερη συγκέντρωση (1105 mg kg^{-1}) μετρήθηκε σε δείγμα άνηθου. Επομένως η εφαρμογή των κατάλληλων ποσοτήτων νιτρικού λιπάσματος είναι ιδιαίτερα σημαντική για μια καλλιέργεια προκειμένου να επιτυγχάνονται οι μέγιστες δυνατές αποδόσεις με την ελάχιστη επιβάρυνση του περιβάλλοντος, του παραγωγού και του καταναλωτή.

Παράγοντες που επηρεάζουν τη συσσώρευση νιτρικών στα φυτά

Μελέτες της συσσώρευσης των νιτρικών στα φυτικά προϊόντα έχουν γίνει κυρίως στα φυλλώδη λαχανικά όπως το μαρούλι και σπανάκι που καταναλώνονται σε μεγάλες

ποσότητες. Για την ανθρωπινή υγεία όμως η συνολική ημερήσια κατανάλωση έχει σημασία, γι' αυτό ακόμη και σε είδη που χρησιμοποιούνται σε μικρότερες ποσότητες αλλά που μπορούν να περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών (π.χ. ο άνηθος) είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τους παράγοντες που συνδέονται με τη συσσώρευση των νιτρικών ώστε να τους ελέγξουμε, όπως:

1. Αυξημένες ποσότητες αζώτου στο έδαφος οδηγούν σε αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στους φυτικούς ιστούς (Cantliffe, 1973; Elia et al., 1998; Maynard et al., 1976; Maynard and Barker, 1972).
2. Η χορήγηση του αζώτου με τη μορφή νιτρικών ιόντων ευνοεί τη συσσώρευση των νιτρικών στους φυτικούς ιστούς σε σύγκριση με την χορήγησή του σε αμμωνιακή μορφή (Elia et al., 1998; Maynard and Barker, 1972; Santamaria et al., 1999).
3. Ο τρόπος και ο χρόνος εφαρμογής του αζώτου (Maynard and Barker, 1972).
4. Η συγκέντρωση νιτρικών στα κενοτόπια μειώνεται με την αύξηση της έντασης του φωτός. Το γεγονός αυτό σχετίζεται με την αυξημένη παραγωγή υδατανθράκων λόγω της αυξημένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας και κατά συνέπεια στις λιγότερες απαιτήσεις για κάλυψη των ωσμωτικών αναγκών του φυτού από νιτρικά ιόντα, καθώς και σε διαφορές στη δράση της ρεδουκτάσης των νιτρικών (Blom-Zandstra, 1989; Cantliffe, 1972). Οι Siomos et al. (2002) σε πειράματα με μαρούλι αναφέρουν ότι η συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στα φύλλα σχετίζεται με τη θέση του φύλλου (εσωτερικά, μεσαία, εξωτερικά) και βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με το φως που δέχονται τα φύλλα.
5. Η επίδραση της εποχής συγκομιδής στη συγκέντρωση των νιτρικών στα φυτά σχετίζεται με τη διάρκεια της φωτοπεριόδου και το είδος του λαχανικού (Amr and Hadidi, 2001).
6. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος επηρεάζει τη συσσώρευση των νιτρικών ιόντων στους φυτικούς ιστούς αλλά είναι αλληλένδετη με την ένταση και τη διάρκεια του φωτισμού, την υγρασία και τη διαθεσιμότητα του αζώτου (Maynard et al., 1976). Οι Amr and Hadidi (2001) αναφέρουν ότι θερμοκρασίες που προκαλούν stress κατά την ανάπτυξη του φυτού έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων.
7. Ο εμπλουτισμός με CO₂ σε περιβάλλον θερμοκηπίου αναφέρεται ότι συντελεί στη μείωση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στα φύλλα (Maynard et al., 1976).
8. Η έλλειψη νερού σχετίζεται τόσο με τη μειωμένη ανάπτυξη του φυτού όσο και με τη μειωμένη δραστηριότητα της ρεδουκτάσης των νιτρικών με αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσής τους για όσο διαρκεί η καταπόνηση (Maynard et al., 1976).
9. Υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των ειδών στην ικανότητα συσσώρευσης νιτρικών ιόντων στους φυτικούς ιστούς ενώ και σε επίπεδο ποικιλίας παρατηρούνται εξίσου

σημαντικές διαφορές σε κάποια είδη (Amr and Hadidi, 2001; Barker et al., 1971; Blom-Zandstra, 1989; Lisiewska and Kmiecik, 1997; Santamaria, et al. 1999; Siomos, 2000).

Μεταβολή νιτρικών ιόντων στους φυτικούς ιστούς μετά τη συγκομιδή

Κατά τη διάρκεια της εμπορίας ή της αποθήκευσης των λαχανικών έχει αναφερθεί μείωση των νιτρικών ιόντων και αύξηση των νιτρωδών. Αυτό λαμβάνει χώρα με τη διαδικασία της ενζυμικής αναγωγής των νιτρικών και της προοδευτικής μετατροπής τους σε νιτρώδη (Chung et al., 2004; Jaworska, 2005; Siciliano et al., 1975). Ωστόσο, οι Poulsen et al. (1995) αναφέρουν αντίθετα αποτελέσματα, αφού μετά από αποθήκευση μαρουλιού (crisphead) για 1 ή 2 εβδομάδες σε θερμοκρασία 1°C, παρατήρησαν αύξηση των νιτρικών ιόντων. Ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει τη μεταβολή των νιτρικών ιόντων κατά την αποθήκευση είναι η θερμοκρασία. Σε αυξημένες θερμοκρασίες αποθήκευσης παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των νιτρικών και αντίστοιχη αύξηση των νιτρωδών, ενώ σε χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης (έως 5°C) δεν επηρεάστηκε σημαντικά η περιεκτικότητα νιτρικών και νιτρωδών (Chung et al., 2004).

Τρόποι μείωσης των νιτρικών

Εξαιτίας της τάσης του άνηθου να συγκεντρώνει νιτρικά ιόντα στο φύλλωμα ακόμη και κάτω από τις ελληνικές συνθήκες παραγωγής, όπως διαπιστώνεται από τις μετρήσεις των Siomos and Dogras (1999), έχει ιδιαίτερη βαρύτητα ο έλεγχος της εφαρμογής αζώτου κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και η λήψη μέτρων που μειώνουν τη συσσώρευση των νιτρικών στα εδώδιμα μέρη του φυτού, για παράδειγμα:

- 1.** Μείωση της ποσότητας του εφαρμοζόμενου αζώτου στα επίπεδα εκείνα όπου επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή παραγωγή χωρίς την υπερβολική συσσώρευση νιτρικών στα φύλλα και με την ελάχιστη δυνατή σπατάλη λιπάσματος.
- 2.** Χορήγηση του αζώτου σε μικτή μορφή (αμμωνιακή και νιτρική) ώστε η αποδέσμευση του στο έδαφος να γίνεται σταδιακά.
- 3.** Εφαρμογή του λιπάσματος την κατάλληλη χρονική περίοδο αλλά και με τον κατάλληλο τρόπο, π.χ. εφαρμογή μόνο παράλληλα της γραμμής φύτευσης και όχι καθολική εφαρμογή (Barker et al., 1971; Cantliffe, 1973; Elia et al., 1998; Maynard and Barker, 1972; Santamaria et al., 1999).
- 4.** Επιλογή γενετικού υλικού. Οι ποικιλίες υψηλής απόδοσης που αξιοποιούν καλύτερα το χορηγούμενο αζώτου μπορούν να προτιμηθούν έναντι άλλων (Lisiewska and Kmiecik, 1997; Santamaria et al., 1999; Siomos, 2000).

5. Χρόνος συγκομιδής. Η εποχή συγκομιδής σε συνδυασμό με την ώρα της ημέρας που γίνεται η συγκομιδή (ώρες μεταμεσημβρινές) μπορεί να συμβάλλει στη μείωση των συσσωρευμένων νιτρικών (Amr and Hadidi, 2001; Siomos, 2000).

Η επίδραση του αζώτου στην παραγωγή και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου

Η επίδραση του αζώτου στην ανάπτυξη και παραγωγή

Ο Hornok (1980) και οι Garrabrants and Craker (1987) παρατήρησαν ότι το βάρος των φυτών αυξάνεται ανάλογα με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης μέχρι και τα 120 kg ha⁻¹, αλλά το ύψος των φυτών αυξάνεται μέχρι τα 80 kg ha⁻¹ και μετά μειώνεται. Σύμφωνα με τον Udagawa (1995) η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης αυξάνει το βάρος των φυτών και την περιεκτικότητά τους σε θρεπτικά στοιχεία. Οι Rassam et al. (2006), Tripathi et al. (2009) και οι Bhist et al. (2000) συμπέραναν ότι η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης μέχρι τα 80-120 kg ha⁻¹ αυξάνει και τη σποροπαραγωγή του άνηθου.

Οι Hellal et al. (2011) μελέτησαν την επίδραση του αζώτου (σε συνδυασμό χημικής και βιολογικής μορφής) στα φυτά του άνηθου. Το ύψος των φυτών αυξήθηκε με την αύξηση του αζώτου μέχρι τα 300 kg feddan⁻¹ (0,42 ha) όπως και στο μάραθο (Mahfouz and Sharaf-Eldin, 2007) και στο *Hibiscus sabdariffa* (Hassan, 2009). Παράλληλα ο αριθμός των φύλλων, το νωπό βάρος και το ξηρό βάρος των φυτών αυξήθηκαν με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης μέχρι τα 200 kg feddan⁻¹ σε συνδυασμό με το βιολογικό λίπασμα. Επίσης σύμφωνα με τους Hellal et al. (2011) η περιεκτικότητα των ξηρών φύλλων του άνηθου σε άζωτο, φώσφορο, και κάλιο αυξήθηκε με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης μέχρι το μέγιστο επίπεδο (300 kg feddan⁻¹).

Η επίδραση του αζώτου στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης

Η θετική σχέση μεταξύ του χορηγούμενου αζώτου και της αύξησης της συγκέντρωσης των χλωροφυλλών έχει αναφερθεί για ένα μεγάλο αριθμό φυτικών ειδών (Fritschi and Ray, 2007; Horst et al., 2001; Mask et al., 1993) και έχει ιδιαίτερα σημασία για τον άνηθο οπού το σκούρο πράσινο χρώμα των φύλλων είναι σημαντικό χαρακτηριστικό ποιότητας του νωπού προϊόντος. Οι Hellal et al. (2011) αναφέρουν ότι η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης αυξήθηκε με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης, με μέγιστη τιμή 1,78 mg g f.w.⁻¹ στα 200 kg feddan⁻¹ σε συνδυασμό με βιολογική λίπανση. Σε αντίστοιχα συμπεράσματα κατέληξαν και οι Gomaa and Abou-Aly (2001) στο *Pimpinella anisum*, και οι Hassan (2009) στο *Hibiscus sabdariffa*.

Η επίδραση του αζώτου στη συγκέντρωση της βιταμίνης C

Φυλλώδη είδη όπως ο άνηθος είναι σημαντικές πηγές ασκορβικού οξέος (βιταμίνης C) για την ανθρώπινη διατροφή και ένας παράγοντας που επηρεάζει την συγκέντρωση της βιταμίνης C στα είδη αυτά είναι η χορηγούμενη ποσότητα αζωτούχου λίπανσης. Γενικά, καλλιέργειες που αναπτύσσονται υπό συνθήκες χαμηλής χορήγησης αζώτου και αραιών ποτισμάτων φαίνεται να έχουν υψηλή συγκέντρωση βιταμίνης C και χαμηλή συγκέντρωση νιτρικών. Οι Sorensen et al. (1994) αναφέρουν ότι η συγκέντρωση της βιταμίνης C μειώνεται με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης στο κατσαρό κεφαλωτό μαρούλι, ενώ συμφωνούν και οι Mozafar (1996) για το σπανάκι και οι Freyman et al. (1991) για το λάχανο. Αντίθετα, οι Muller and Hippe (1987) και οι Mun and Lee (2002) διαπίστωσαν αύξηση της βιταμίνης C στο κατσαρό κεφαλωτό μαρούλι, με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης, ενώ σύμφωνα με τους Lee and Kader (2000), η βιταμίνη C συσσωρεύεται περισσότερο στα μέρη του φυτού με πλήρη έκθεση στον ήλιο.

Η συγκέντρωση της βιταμίνης C σε διάφορες ποικιλίες άνηθου κυμαίνεται μεταξύ 120 και 144 mg 100g f.m.⁻¹ στο έλασμα, ενώ στους μίσχους ήταν μόλις 14-97 mg 100g f.m.⁻¹ (Kurlyanchik et al., 1979). Ωστόσο, δεν υπάρχουν στοιχεία στη βιβλιογραφία για την επίδραση του αζώτου στην περιεκτικότητα του άνηθου σε βιταμίνη C.

Η επίδραση του αζώτου στη συγκέντρωση των καροτενοειδών

Οι Kurlyanchik et al. (1979) μελέτησαν τη συγκέντρωση των καροτενοειδών σε διάφορες ποικιλίες άνηθου, με τιμές που κυμαινόταν μεταξύ 37,2 και 46 mg 100g d.m.⁻¹ ενώ στους μίσχους και τους καρπούς ήταν μόλις 2-4 mg 100g d.m.⁻¹. Οι Bagari et al. (2010) αναφέρουν ότι η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης στο μάραθο προκάλεσε αύξηση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών στο επίπεδο των 100 kg ha⁻¹ σε σχέση με το μάρτυρα. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν για το μάραθο και οι Khan et al. (1992), Ram Pratap et al. (2004) και Randhawa et al. (1981), ενώ στο άνηθο δεν έχουν δημοσιευτεί στη διεθνή βιβλιογραφία μελέτες της επίδρασης του αζώτου στη συγκέντρωση των καροτενοειδών.

Η επίδραση του αζώτου στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών

Οι Nguyen και Niemeyer (2008) μελέτησαν την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης μέχρι το επίπεδο των 5 mM σε τρεις ποικιλίες βασιλικού (Dark Opal, Genovese, and Sweet Thai) και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ήταν αυξημένη στη μικρότερη επέμβαση αζώτου (0,1 mM). Σε αντίθεση, ο Sharafzadeh (2011) αναφέρει ότι η αύξηση του αζώτου έως στα 50-75 mg kg εδαφικού μείγματος⁻¹ στο θυμάρι

αύξησε τη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών τόσο σε σχέση με τον μάρτυρα (0 mg kg^{-1}) όσο και στη μεταχείριση των 125 mg kg^{-1} .

Η επίδραση του αζώτου στη συγκέντρωση των φλαβονοειδών

Οι φλαβονοειδείς ενώσεις είναι φυσικά αντιοξειδωτικά με ευρέως φάσματος δυνατότητες οι οποίες πιστεύετε ότι παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη πρόληψη πολλών χρόνιων ασθενειών ενώ έχουν αναφερθεί αντικαρκινικές, αντιβακτηριακές και αντιμυκητολογικές ιδιότητες (Ibrahim et al., 2012).

Η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης έχει αναφερθεί ότι μειώνει τη δράση των δευτερογενών μεταβολιτών όπως τα φλαβονοειδή, τα καροτενοειδή, και τη γλυκοζινόλη (Aires et al., 2006). Για παράδειγμα, μείωση των φλαβονοειδών, της ναρινγκίνης και της ρουτινοσίδης με την αύξηση του αζώτου παρατηρήθηκε στον καρπό του γκρέιπ φρούτ (Patit and Alva, 1999), ενώ οι Ibrahim et al. (2012) αναφέρουν μείωση της συγκέντρωσης των φλαβονοειδών στα φύλλα του *Labisia pumila* με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης. Ωστόσο για τον άνηθο δεν υπάρχουν σχετικές αναφορές.

Η επίδραση του αζώτου στα αιθέρια έλαια

Ο Hornok (1983) μελέτησε την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην απόδοση και τη σύσταση των αιθέριων ελαίων του άνηθου, της μέντας, του βασιλικού και του κόλιανδρου. Η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης αύξησε την απόδοση των αιθέριων ελαίων από τα φύλλα αλλά δεν είχε καμία επίδραση στα αιθέρια έλαια από τους σπόρους του άνηθου. Η απόδοση των αιθέριων ελαίων από τη μέντα και το βασιλικό αυξήθηκε ανάλογα με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης, ενώ ο κόλιανδρος δεν επηρεάστηκε.

Οι Singh et al. (1987) μελέτησαν την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην παραγωγή αιθέριων ελαίων από τα φύλλα του άνηθου στο στάδιο πριν της ωρίμανσης των σπόρων, όπου παρατήρησαν αύξηση ανάλογη της αύξησης της αζωτούχου λίπανσης μέχρι το μέγιστο επίπεδο (90 kg N ha^{-1}). Η απόδοση σε αιθέρια έλαια μειώθηκε με την καθυστέρηση της σποράς, ενώ αυξανόταν με την καθυστέρηση του σταδίου συγκομιδής μέχρι το στάδιο των ανώριμων σπόρων. Παρόμοια, οι Hellal et al. (2011) συμπέραναν ότι η απόδοση σε αιθέρια έλαια από τους σπόρους του άνηθου αυξήθηκε ανάλογα με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν για τον άνηθο οι Randhawa and Singh (1991), και Kandeel et al. (2004) όπως οι Gomaa and Abo-Aly (2001) στο *Pimpinella anisum*, και οι Mahfouz and Sharaf-Eldin (2007) στον μάραθο.

Ο Khalid (1996, 2001, 2013) σε φυτά της οικογένειας Apiaceae (γλυκάνισο, κόλιανδρος, μάραθος) και *Nigella sativa* L., οι Ashraf et al. (2006) στο κύμινο, οι Akbarinia

et al. (2007) στον κόλιανδρο αναφέρουν τη θετική επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ποιότητα και την παραγωγή των αιθέριων ελαίων από φυτά της οικογένειας Apiaceae.

1.16 Επίδραση καταπόνησης στον άνηθο

Η αλατότητα και η ξηρασία είναι δύο περιβαλλοντικές καταστάσεις ευρείας εξάπλωσης οι οποίες οδηγούν στη χαμηλή διαθεσιμότητα νερού στα φυτά, που θεωρείται ο κύριος περιβαλλοντικός παράγοντας ο οποίος περιορίζει τη φωτοσύνθεση και κατά συνέπεια την ανάπτυξη των φυτών και την παραγωγικότητα. Η καταπόνηση των καλλιεργούμενων ειδών σε πολλές περιοχές της γης λόγω αλατότητας ή/και ξηρασίας συνδέεται με τις αλλαγές του κλίματος και το 'φαινόμενο του θερμοκηπίου' που σχετίζεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα. Αυτές οι δυο μορφές καταπόνησης είναι ιδιαίτερα αισθητές στη Ελλάδα όπου το κλίμα είναι σχετικά θερμό και ξηρό, ενώ επίσης πολλές καλλιέργειες πραγματοποιούνται σε παραθαλάσσιες περιοχές και αρδεύονται με νερό με υψηλή περιεκτικότητα αλάτων (Flexas et al., 2004; Shannon, 1998).

Επίδραση της καταπόνησης λόγω αλατότητας

Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη και παραγωγή

Οι Mehr et al. (2012) αναφέρουν ότι η αύξηση της αλατότητας μέχρι τα 100 mM NaCl προκάλεσε μείωση στο ύψος των φυτών και του μήκους των ριζών του άνηθου, ενώ στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν και οι Amine et al. (1994) στον κόλιανδρο, ο Amer (1994) στον άνηθο, ο Abd El-Kafie (1995) στη *Salvia officinalis*, οι Dawh et al. (1998) στον *Tagetes erecta* και ο Abd El-Wahab (2006) στο μάραθο. Ωστόσο, υπάρχουν αναφορές για προώθηση της ανάπτυξης, και συνεπώς αύξηση του βάρους των φυτών υπό συνθήκες αλατότητας. Σε μία από αυτές, στο σέλινο (*Apium graveolens*), οι Pasternak and De Malach (1994) υποστηρίζουν ότι επίπεδο αλατότητας 4-5 dS m⁻¹ προωθεί τη βλαστική ανάπτυξη των φυτών.

Οι Ghassemi-Golezani et al. (2011) αναφέρουν αύξηση του ξηρού βάρους των φύλλων του άνηθου παρουσία αλατότητας, αλλά όχι των ανθέων και των σπόρων, ενώ οι Nourani Azad and Haji Bagheri (2008) αναφέρουν ότι η αύξηση της αλατότητας (από 0 έως 100 mM NaCl) προκάλεσε μείωση στο ξηρό βάρος των φύλλων, και το ύψος του άνηθου. Οι Abou El-Magd et al. (2008) παρατήρησαν αύξηση του ύψους των φυτών, καθώς και του νωπού και ξηρού βάρους του μάραθου με την αύξηση της αλατότητας στα 5000 ppm. Οι Nourimand et al. (2012) αναφέρουν ότι τόσο το νωπό όσο και το ξηρό βάρος των βλαστών του μάραθου μειώθηκε σε συγκέντρωση 50 και 75mM NaCl. Ο Abd El-Wahab (2006) αναφέρει ότι η αύξηση της αλατότητας στο μάραθο προκάλεσε μείωση του νωπού βάρους

που έφτασε σε ποσοστό 52,6% ενώ του ξηρού ανήλθε σε 66,3%. Επίσης, ο Udagawa (1995) αναφέρει πως το νωπό βάρος φυτών άνηθου αλλά και θυμαριού σε επίπεδο αλατότητας 1,2 dS m⁻¹ ήταν 30% μειωμένο σε σχέση με το επίπεδο 2,4 dS m⁻¹.

Οι Mehr et al. (2012) αναφέρουν ότι ο αριθμός των φύλλων μειώθηκε 69% με την αύξηση της αλατότητας στα 100 mM NaCl σε σχέση με το μάρτυρα (0 mM NaCl), ενώ στο μάραθο παρατηρήθηκε εξαιτίας της αλατότητας αύξηση στον αριθμό των φύλλων (Abou El-Magd et al., 2008) και μείωση στον αριθμό των ταξιανθιών ανά φυτό (Abd El-Wahab, 2006).

Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης

Οι Nourani Azad and Haji Bagheri (2008) και ο Mehr (2013) αναφέρουν ότι η αύξηση της αλατότητας μέχρι τα 100 mM NaCl προκάλεσε μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης στα φύλλα του άνηθου. Πιο συγκεκριμένα, η χλωροφύλλη α από 1,57 mg g f.w.⁻¹ μειώθηκε στα 0,98 mg g f.w.⁻¹ στα 100 mM NaCl, η χλωροφύλλη β από 1,07 σε 0,56 mg g f.w.⁻¹ και η ολική χλωροφύλλη από 2,71 σε 1,58 mg g f.w.⁻¹. Παρόμοια, οι Haddad and Mazzafera (1999) και ο Abd El-Wahab (2006) παρατήρησαν, ότι η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης στα φύλλα του μάραθου μειώθηκε σε συνθήκες αλατότητας.

Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C

Οι Gururaja Rao et al. (2001) αναφέρουν για τον άνηθο τιμές συγκέντρωσης βιταμίνης C γύρω στα 122 mg 100 gr f.w.⁻¹. Η συγκέντρωση της βιταμίνης C στο φασόλι αυξήθηκε ανάλογα με την αύξηση της αλατότητας (Telesinski et al., 2008) μέχρι τα 50mM NaCl (Nowak et al., 2008). Στην τομάτα, η αυξημένη αλατότητα προσδίδει αυξημένη συγκέντρωση βιταμίνης C στους καρπούς (Kan, 2008), ενώ υπάρχουν μελέτες που δείχνουν ότι η αύξηση της αλατότητας μειώνει τη συγκέντρωση της βιταμίνης C στους ιστούς φυτών όπως το λάχανο (Mahmud et al., 1999). Στον άνηθο δεν υπάρχουν αναφορές στη βιβλιογραφία σχετικά με την επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C.

Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των καροτενοειδών

Ο Abd El-Wahab (2006) αναφέρει μείωση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών στο μάραθο με την αύξηση της αλατότητας. Παρόμοια, οι Hajar et al. (1996) αναφέρουν μείωση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών στο μαύρο κύμινο υπό την επίδραση αυξημένης αλατότητας. Σε αντίθεση, οι Kim et al. (2008) παρατήρησαν αύξηση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών στα φύλλα του μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.) μετά από εφαρμογή άρδευσης με διάλυμα 5mM NaCl για 15 ημέρες ενώ οι Hamada and El-Enany (1994) παρατήρησαν αύξηση στη συγκέντρωση των καροτενοειδών στα φύλλα μπιζελιού σε αλατότητα μέχρι 80mM NaCl αλλά μείωση στα 120 και 160mM NaCl.

Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών

Οι Mehr et al. (2012) αναφέρουν ότι η αύξηση της αλατότητας στον άνηθο μέχρι το επίπεδο των 100 mM NaCl προκάλεσε αύξηση στη συγκέντρωση των φαινολικών από 1,25 mg g f.w.⁻¹ στο μάρτυρα (0 mM NaCl) στα 3,78 mg g f.w.⁻¹ στα 100 mM NaCl. Η συσσώρευση των φαινολικών μπορεί να είναι ένας μηχανισμός προσαρμογής των κυττάρων για τον εντοπισμό ελεύθερων ριζών οξυγόνου εξαιτίας της καταπόνησης (Mohamed and Aly, 2008). Είναι αρκετές οι μελέτες που αναφέρουν αύξηση της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών με την αύξηση της αλατότητας σε άλλα είδη (Agastian et al., 2000; Hanen et al., 2008; Muthukumarasamy et al., 2000). Οι Verma and Mishra (2005) αναφέρουν ότι η συγκέντρωση των φαινολικών ουσιών στα φύλλα του *Brassica juncea* αυξήθηκε με την αύξηση της αλατότητας από τα 0 έως τα 250mM NaCl. Οι Hanen et al. (2008) παρατήρησαν ότι η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών στα φύλλα της αγκινάρας (*Cynara cardunculus* L.) αυξήθηκε σε συνθήκες αλατότητας μέχρι 50mM NaCl και μειώθηκε στα 150mM NaCl.

Επίδραση της αλατότητας στα αιθέρια έλαια

Οι Ghassemi-Golezani et al. (2011) μελέτησαν την επίδραση της αλατότητας στα αιθέρια έλαια του άνηθου. Η απόδοση των αιθέριων ελαίων αυξήθηκε ανάλογα με την αύξηση της αλατότητας εξαιτίας της αύξησης του ξηρού βάρους των φύλλων ανά φυτό. Σε αντίθεση, ο Udagawa (1995) αναφέρει ότι η συγκέντρωση των αιθέριων ελαίων στα φύλλα του άνηθου μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας (1.2, 2.4 και 3.6 mS cm⁻¹). Παρόμοια, η περιεκτικότητα των αιθέριων ελαίων στους σπόρους του μάραθου μειώθηκε ανάλογα με την αύξηση της αλατότητας (Ashraf and Akhtar, 2004), ενώ τα αιθέρια έλαια στους σπόρους του κόλιανδρου αυξήθηκαν με την αύξηση της αλατότητας στα 25 και 50 mM (αύξηση 18 και 43% αντίστοιχα) και μειώθηκαν σε μεγαλύτερα επίπεδα αλατότητας (Neffati and Marzouk, 2008). Σε αλατούχα εδάφη και ξηροθερμικές συνθήκες η *Origanum onites* όχι μόνο αντέχει αλλά αυξάνεται και η περιεκτικότητά της δρόγης σε αιθέριο έλαιο, η *M. spicata* δεν επηρεάζεται, ενώ το *O. dictamnus* αποδίδει ικανοποιητικά σε δρόγη αλλά με μειωμένη απόδοση σε αιθέριο έλαιο (Χαϊδευτού, 2012).

Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων

Στα αλατούχα εδάφη, η απορρόφηση των ανόργανων στοιχείων επηρεάζεται λόγω ανταγωνιστικότητας με τα κατιόντα του άλατος δημιουργώντας ακόμη και τροφωπενίες (Marschner and Romheld, 1994; Page et al., 1990). Οι Nourani Azad and Haji Bagheri (2008) αναφέρουν ότι η αύξηση της αλατότητας μέχρι τα 100 mM NaCl μείωσε τη συγκέντρωση του καλίου στα φύλλα του άνηθου, ενώ αυξήθηκε η συγκέντρωση του νατρίου και του

χλωρίου. Σε αντίθεση, ο Udagawa (1995) μελέτησε την επίδραση τριών επιπέδων αλατότητας (1.2, 2.4 and 3.6 mS cm⁻¹) στον άνηθο και βρήκε ότι η συγκέντρωση των N, P, K και Ca στα φύλλα και τις ρίζες του άνηθου αυξήθηκαν με την αύξηση της αλατότητας χωρίς όμως να παρουσιάσει στατιστικές συγκρίσεις των δεδομένων.

Οι Graifenberg et al. (1996) αναφέρουν, ότι η συγκέντρωση του νατρίου και του χλωρίου αυξήθηκε ενώ του καλίου μειώθηκε στα φύλλα και τις ρίζες του μάραθου, με την αύξηση της αλατότητας από τα 0,75 έως τα 4,40 dS m⁻¹. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Ashraf and Akhtar (2004) για τις συγκεντρώσεις των παραπάνω στοιχείων στα φύλλα του μάραθου, όταν η αλατότητα αυξήθηκε από 0 έως 100 mM NaCl.

Επίδραση της υδατικής καταπόνησης

Η υδατική καταπόνηση είναι ένας πολύ σημαντικός περιβαλλοντικός παράγοντας που επηρεάζει την παραγωγικότητα των φυτών. Ως υδατική καταπόνηση ορίζεται η κατάσταση όπου σε ένα φυτό, για σύντομο χρονικό διάστημα, ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής ξεπερνά το ρυθμό απορρόφησης του νερού (Hale and Orcutt, 1987). Επειδή η καλλιέργεια του άνηθου στην Ελλάδα γίνεται κυρίως τους χειμερινούς μήνες (ανάλογα με την περιοχή) τα φυτά συνήθως δεν αντιμετωπίζουν έλλειψη νερού, την άνοιξη όμως η έλλειψη βροχοπτώσεων σε μη αρδευόμενες εκτάσεις μπορεί να είναι καθοριστική για την καλλιέργεια.

Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην ανάπτυξη, παραγωγή και ποιότητα

Η Χαϊδευτού (2012) αναφέρει ότι σύμφωνα με έρευνα που έγινε και από τα αποτελέσματα των τεσσάρων επιπέδων της υγρασίας του εδάφους (100%, 80%, 60%, 40% SWC) στην μέντα και τη ρίγανη, το επίπεδο καταπόνησης 40% οδήγησε σε μεγάλη μείωση του ύψους των φυτών και της βιομάζας. Το μέγεθος των φύλλων μειώθηκε και παρουσίασαν σημάδια χλώρωσης με τοπικές κοκκινωπές κηλίδες. Επιπλέον, η υδατική καταπόνηση είχε αρνητική επίδραση στη χλωροφύλλη α + β, στο φθορισμό χλωροφύλλης, στο ρυθμό της φωτοσύνθεσης, της διαπνοής, και της στοματικής αγωγιμότητας (Matraka et al., 2010). Η υδατική καταπόνηση, καθώς προκαλεί αύξηση της καταστατικής ελεύθερης και εξωγενούς προλίνης, επηρεάζει την ανάπτυξη και την αντιοξειδωτική φαινολική περιεκτικότητα των ριζών της ρίγανης, σε σύγκριση με τον μάρτυρα (Lattanzio et al., 2009).

Οι Mehta et al. (2012) αναφέρουν ότι η εφαρμογή υδατικής καταπόνησης (πότισμα κάθε 15 και 18 ημέρες) μείωσε το ύψος των φυτών σε σχέση με το πότισμα κάθε 12 ημέρες αλλά η ξηρά ουσία, ο αριθμός των στελεχών και των ταξιανθιών ανά φυτό αυξήθηκαν με το πότισμα κάθε 15 ημέρες. Αυτό συνέβη σε όλα τα στάδια συγκομιδής (40, 80 και 120 ημέρες μετά τη σπορά). Οι Ghassemi-Golezani et al. (2008) μελέτησαν την επίδραση της υδατικής

καταπόνησης στον άνηθο και συμπέραναν ότι το ύψος των φυτών, το νωπό και ξηρό βάρος των φυτών καθώς και η παραγωγή σπόρων μειώθηκε με την αύξηση της υδατικής καταπόνησης στο 66 και 33%, και η μείωση αυξανόταν όσο καθυστερούσε η συγκομιδή.

Μελέτες έχουν δείξει την αρνητική επίδραση της υδατικής καταπόνησης στο ύψος και τη φυλλική επιφάνεια του μαϊντανού (Petropoulos et al., 2006) και της μέντας (Abbaszadeh et al., 2008), καθώς και στη ξηρά ουσία της *Melissa officinalis* L (Aliabadi et al., 2009) και στον αριθμό των φύλλων της γιαπωνέζικης μέντας (Misra and Srivastava, 2000). Επίσης, η υδατική καταπόνηση προκάλεσε μείωση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά (χλωροφύλλη, καροτενοειδή, ανθοκυανίνες, βιταμίνη C) του μαϊντανού (Najla et al., 2012).

Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στα αιθέρια έλαια

Έχει αναφερθεί ότι υπό συνθήκες καταπόνησης, λόγω της μείωσης της φυλλικής επιφάνειας, αυξάνεται η πυκνότητα των αδένων των ελαίων με αποτέλεσμα την αύξηση της συσσώρευσης των αιθέριων ελαίων (Charles et al, 1995; Coronel et al, 1984; Simon et al, 1992), ενώ σύμφωνα με τους Ezz et al. (2009) η λειτουργία των δευτερογενών μεταβολιτών ως μηχανισμός άμυνας των φυτών ενάντια στο υδατικό στρες επιταχύνει τη βιοσύνθεση των αιθέριων ελαίων.

Οι Ghassemi-Golezani et al. (2008) μελέτησαν την επίδραση της υδατικής καταπόνησης στη σύνθεση των αιθέριων ελαίων των φύλλων και των σπόρων του άνηθου. Η απόδοση των αιθέριων ελαίων αυξήθηκε με την αύξηση της υδατικής καταπόνησης στο 66% τόσο στα φύλλα όσο και στα άνθη και τους σπόρους, αλλά μειώθηκε με τη περαιτέρω καταπόνηση στο 33%. Επίσης αναφέρουν ότι το ποσοστό των αιθέριων ελαίων του άνηθου αυξήθηκε στα φυτά υπό υδατική καταπόνηση όταν αυτά ήταν στο στάδιο της αναπαραγωγής.

Σε άλλα αρωματικά είδη η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε αιθέρια έλαια διαφέρει. Για παράδειγμα, η υδατική καταπόνηση αύξησε το ποσοστό των αιθέριων ελαίων τόσο του μαϊντανού όσο και του μάραθου (Mohamed and Abdu, 2004; Petropoulos et al., 2008), ενώ στο μάραθο (Mohamed and Abdu, 2004) και στον κόλιανδρο (Arganosa et al., 1998) η παραγωγή αιθέριων ελαίων αυξήθηκε με την αύξηση της άρδευσης. Η υδατική καταπόνηση κατά την ανάπτυξη των ανθοφόρων στελεχών και των ταξιανθιών του γλυκάνισου μείωσε την παραγωγή αιθέριων ελαίων (Zehtab-Salmasi et al., 2001), ενώ στη μέντα, στη ρίγανη και στην *O. onites* η περιεκτικότητα των φύλλων ή / και των σπόρων δεν επηρεάστηκε από την υδατική καταπόνηση (Χαϊδευτού, 2012).

Στόχοι της εργασίας

Ο άνηθος είναι ένα σημαντικό αρωματικό φυλλώδες λαχανικό το οποίο καλλιεργείται ευρύτατα στην Ελλάδα όσο και σε άλλες χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες. Σε αντίθεση όμως με άλλα γνωστά είδη της ίδιας κατηγορίας φυλλωδών λαχανικών (π.χ. ο μαϊντανός και το σέλινο), παράγοντες όπως η ανταπόκριση του άνηθου στο επίπεδο αζωτούχου λίπανσης, της υδατικής και της αλατούχου καταπόνησης ιδιαίτερα σε σχέση με την εποχή της καλλιέργειας δεν έχουν μελετηθεί σε βάθος και μέσα στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αντικρουόμενες αναφορές. Για αυτούς τους λόγους θεωρήθηκε σκόπιμο η μελέτη των παραγόντων αυτών στην ανάπτυξη, την παραγωγή και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου σε δυο εποχές (φθινόπωρο-άνοιξη) στην Ελλάδα.

Οι στόχοι της έρευνας που παρουσιάζεται σε αυτή τη διατριβή είναι:

1. Να προσδιοριστεί το πιο κατάλληλο επίπεδο νιτρικής λίπανσης κατά τη φθινοπωρινή και την ανοιξιάτικη καλλιέργεια του άνηθου όσον αφορά στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών αλλά επίσης σε σχέση με την ποιότητα του προϊόντος, δηλαδή τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης, των αντιοξειδωτικών (βιταμίνη C, φαινολικά, φλαβονοειδή κ.α.) και τη συγκέντρωση των νιτρικών.
2. Να προσδιοριστεί η επίδραση της εδαφικής αλατότητας στην ανάπτυξη, την παραγωγή και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών στις δυο εποχές καλλιέργειας.
3. Να προσδιοριστεί η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην ανάπτυξη, την παραγωγή και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών κατά την άνοιξη όπου τέτοιο είδος καταπόνησης μπορεί να προκύπτει.
4. Επειδή ο άνηθος είναι ένα αρωματικό είδος, πολύ σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό του προϊόντος είναι η περιεκτικότητα των εδώδιμων μερών του φυτού σε αιθέρια έλαια καθώς και η χημική σύσταση αυτών των πτητικών ουσιών. Για αυτό μελετήθηκε η επίδραση της νιτρικής λίπανσης και της καταπόνησης λόγω αλατότητας στα αιθέρια έλαια των φυτών ώστε να προσδιοριστεί η επίδραση αυτών των παραγόντων στη συγκέντρωση και σύσταση των αιθέριων ελαίων.
5. Τέλος, επειδή τα φυλλώδη λαχανικά παρουσιάζουν ραγδαία μείωση της ποιότητας μετά τη συγκομιδή και δεν μπορούν να αποθηκευτούν σε νωπή κατάσταση για μεγάλα χρονικά διαστήματα πραγματοποιήθηκε μελέτη της αποθήκευσης του άνηθου κάτω από διάφορες συνθήκες (τροποποιημένες ατμόσφαιρες διαφορετικές θερμοκρασίες και διάρκειες αποθήκευσης) ώστε να προσδιοριστεί τυχών επίδραση της N-λίπανσης και της καταπόνησης λόγω αλατότητας στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά του προϊόντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Το φυτικό υλικό και η καλλιέργειά του

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, στο εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών, κατά τη διάρκεια των ετών 2007 – 2013. Το φυτικό υλικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε ήταν σπόροι άνηθου *Anethum graveolens* L. ποικιλίας ‘Dukat’.

Σπόροι άνηθου ποικιλίας ‘Dukat’ τοποθετήθηκαν σε δίσκους σποράς 150 θέσεων με υπόστρωμα εμπλουτισμένης τύρφης (KTS 2, Klasmann-Deilmann GmbH, Geeste, Germany), σε βάθος περίπου 0,5cm. Σε κάθε θέση σποράς τοποθετήθηκαν 2-3 σπόροι και μετά την εμφάνιση των φυταρίων διατηρήθηκε το πιο εύρωστο. Όταν τα φυτάρια έφθασαν τα 3-4 πραγματικά φύλλα μεταφυτεύθηκαν σε γλάστρες των 11 λίτρων και σε μείγμα τύρφης:περλίτη σε αναλογία 1:1 κ.ο.. Προκειμένου να αποφευχθεί η πρόσθετη παροχή αζώτου στα φυτά μέσω της τύρφης του εδαφικού μείγματος, η τύρφη που χρησιμοποιήθηκε για τη μεταφύτευση ήταν απλή (KTS, Klasmann-Deilmann), με διόρθωση του pH του μείγματος με την προσθήκη μαρμαρόσκονης. Ως βασική λίπανση για τον εμπλουτισμό του υποστρώματος με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία πλην του αζώτου χρησιμοποιήθηκαν 150g μονοφωσφορικό κάλιο, 40g θειϊκό κάλιο, 20g θειϊκό μαγνήσιο, 10g ιχνοστοιχεία (0,0251% Mg, 0,02% B, 0,05% Cu, 0,10% Fe, 0,05% Mn, 0,001% Mo, 0,05% Zn) και 300g μαρμαρόσκονης ανά m³ μείγματος. Σε κάθε γλάστρα τοποθετήθηκαν 2 ή 4 φυτά για τη μελέτη της επίδρασης του αζώτου, 4 φυτά για τη μελέτη της επίδρασης της αλατότητας και 4 φυτά για την επίδραση της υδατικής καταπόνησης.

Η ανάπτυξη των φυτών έγινε μέσα σε πλαστικό ή γυάλινο θερμοκήπιο χωρίς θέρμανση (μόνο με προστασία σε περίπτωση παγετού) κατά τη διάρκεια των καλλιεργειών φθινόπωρο-χειμώνα, ενώ κατά την καλλιέργεια χειμώνα-άνοιξη τα φυτά μεταφέρθηκαν έξω λόγω αυξημένης θερμοκρασίας μέσα στο θερμοκήπιο. Οι αποστάσεις μεταξύ των γλαστρών σε κάθε γραμμή ήταν 20cm και 50cm επί των γραμμών. Στα αρχικά στάδια ανάπτυξης των φυτών το πότισμα γινόταν μια φορά την εβδομάδα με 250-300ml ανά γλάστρα, ενώ όσο μεγάλωναν τα φυτά και αυξανόταν η θερμοκρασία τα ποτίσματα αυξήθηκαν σε 2-3 φορές την εβδομάδα με 1L ανά γλάστρα.

Στο πείραμα που μελετήθηκε η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης η επιφανειακή λίπανση πραγματοποιήθηκε με την προσθήκη της νιτρικής αμμωνίας (NH₄NO₃) στο νερό άρδευσης, ενώ στα πειράματα της αλατότητας και της υδατικής καταπόνησης χρησιμοποιήθηκε σύνθετο λίπασμα 20N-20P-20K (1g L⁻¹ νερού). Η εφαρμογή της λίπανσης

γινόταν σε κάθε πότισμα. Κατά την καλλιέργεια των φυτών έγιναν οι απαραίτητες ενέργειες για την αντιμετώπιση τυχόν ασθενειών και εχθρών με χημικά μέσα. Τα κυριότερα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν ήταν οι αφίδες, ο τετράνυχος, το οίδιο και η σήψη λαιμού, για τα οποία χρησιμοποιήθηκαν τα χημικά confidor (20,6% imidacloprid), vertimec (90% abamectin), systhane (24% myclobutanil) και promes (72,2% propamocarb).

Τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διατριβής ήταν:

A. Μελέτη της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης με δυο εποχές σποράς:

Έτος	Σπορά	Ημερομηνία σποράς	Ημερομηνία μεταφύτευσης	Έναρξη λίπανσης	Ημερομηνία συγκομιδής	Διάρκεια καλλιέργειας
1 (2007-8)	1	5/10/2007	5/11/2007	15/11/2007	12/3/2008	127 ημέρες
	2	25/1/2008	5/3/2008	11/3/2008	18/4/2008	44 ημέρες
2 (2008-9)	1	23/9/2008	22/10/2008	6/11/2008	5/1/2009	75 ημέρες
	2	1/2/2009	19/3/2009	14/4/2009	15/5/2009	57 ημέρες
3 (2009-10)	1	8/10/2009	25/11/2009	2/12/2009	1/2/2010	68 ημέρες

B. Μελέτη της επίδρασης της αλατότητας:

Έτος	Σπορά	Ημερομηνία σποράς	Ημερομηνία μεταφύτευσης	Έναρξη λίπανσης	Ημερομηνία συγκομιδής	Διάρκεια καλλιέργειας
2 (2008-9)	1	1/2/2009	19/3/2009	2/5/2009	5/6/2009	78 ημέρες
3 (2009-10)	1	11/11/2009	18/12/2009	4/01/2010	16/03/2010	125 ημέρες
	2	Απέτυχε λόγω προσβολής των φυταρίων από Pythium				
4 (2010-11)	1	12/10/2010	Απευθείας	26/11/2010	10/01/2011	85 ημέρες
	2	03/01/2011	11/03/2011	24/03/2011	09/05/2011	126 ημέρες
5 (2011-12)	1	02/10/2011	21/11/2011	07/12/2011	A. 09/01/2012 B. 30/01/2012	A. 97 ημέρες B. 118 ημέρες
	2	08/01/2012	05/03/2011	19/03/2012	24/04/2012	106 ημέρες

Γ. Μελέτη της επίδρασης της υδατικής καταπόνησης:

Έτος	Σπορά	Ημερομηνία σποράς	Ημερομηνία μεταφύτευσης	Έναρξη λίπανσης	Ημερομηνία συγκομιδής	Διάρκεια καλλιέργειας
5 (2011-12)	1	08/01/2012	05/03/2012	04/04/2012	04/05/2012	117 ημέρες
6 (2012-13)	1	03/02/2013	29/03/2013	10/04/2013	09/05/2013	95 ημέρες

2.2 Αζωτούχος λίπανση

Για τη μελέτη της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης εφαρμόστηκαν υδατικά διαλύματα νιτρικής αμμωνίας στο υπόστρωμα σε τέσσερες συγκεντρώσεις. Για την καλλιεργητική περίοδο 2007-2008 εφαρμόστηκαν ο μάρτυρας (50 ppm), 150, 300 και 450 ppm αζώτου στα φυτά. Για κάθε επέμβαση χρησιμοποιήθηκαν 16 γλάστρες με 2 φυτά η κάθε μια για την πρώτη και δεύτερη καλλιεργητική περίοδο, ενώ για την καλλιεργητική περίοδο 2008-2009 και 2009-2010, 96 φυτά ανά επέμβαση με 4 φυτά/γλάστρα.

Προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι λιπάνσεις με τις παραπάνω συγκεντρώσεις αζώτου, υπολογίστηκε η ποσότητα νιτρικής αμμωνίας που έπρεπε να προστεθεί σε νερό, έτσι ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή συγκέντρωση.

Για τον υπολογισμό αυτό χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

Ποσότητα νιτρικής αμμωνίας σε 100L νερού = $(X*100/1000)*(100/\Psi)$,

όπου X = επιθυμητή συγκέντρωση αζώτου (ppm),

Ψ = η % αναλογία της νιτρικής αμμωνίας σε νιτρικό άζωτο ($28*100/80,04 = 34,98\%$).

Η εφαρμογή του διαλύματος στο υπόστρωμα ξεκίνησε όταν τα φυτά είχαν αναπτυχθεί ικανοποιητικά, δηλαδή είχαν αναπτύξει το 4^ο με 6^ο πραγματικό φύλλο, στην αρχή με 0,5L ανά γλάστρα μία φορά την εβδομάδα. Με την αύξηση της θερμοκρασίας και την ανάπτυξη των φυτών η ποσότητα αυξήθηκε σταδιακά στο 1L σε κάθε εφαρμογή, η οποία επαναλαμβανόταν κάθε 2-3 ημέρες. Επίσης για την αποφυγή της απορροής και της έκπλυσης του υποστρώματος, τοποθετήθηκαν πλαστικοί δίσκοι κάτω από κάθε γλάστρα.

2.3 Αλατότητα

Για τη μελέτη της επίδρασης της υψηλής συγκέντρωσης αλάτων χρησιμοποιήθηκαν άλατα NaCl υπό τη μορφή υδατικών διαλυμάτων. Τα επίπεδα ηλεκτρικής αγωγιμότητας που εφαρμόστηκαν στο πρώτο πείραμα (την άνοιξη και το φθινόπωρο του 2009) ήταν 0,63 (μάρτυρας), 1,5, 3,0 και 4,5 dS m⁻¹. Το φθινόπωρο του 2010 και την άνοιξη του 2011 τα επίπεδα ηλεκτρικής αγωγιμότητας που εφαρμόστηκαν ήταν 0,63 (μάρτυρας), 2, 4 και 6 dS m⁻¹, ενώ το φθινόπωρο του 2011 και την άνοιξη του 2012 ήταν 0,63 (μάρτυρας), 2, 4, 6 και 8 dS m⁻¹. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του μάρτυρα ήταν η αγωγιμότητα που είχε το νερό ποτίσματος με την προσθήκη της λίπανσης. Η εφαρμογή των συγκεκριμένων διαλυμάτων ξεκίνησε όταν στα φυτά είχαν αναπτυχθεί το 4^ο με 6^ο πραγματικό φύλλο, στην αρχή με 0,5L σε κάθε γλάστρα μία φορά την εβδομάδα. Με την αύξηση της θερμοκρασίας και την ανάπτυξη των φυτών η ποσότητα αυξήθηκε σταδιακά στο 1L κάθε 2-3 ημέρες. Επίσης για την αποφυγή της απορροής και της έκπλυσης του εδαφικού μείγματος, τοποθετήθηκαν πλαστικοί δίσκοι κάτω από κάθε γλάστρα. Στο πείραμα της άνοιξης 2009 χρησιμοποιήθηκαν 48 φυτά ανά επέμβαση, ενώ το φθινόπωρο 168. Την άνοιξη του 2010 πραγματοποιήθηκε σπορά αλλά απέτυχε η καλλιέργεια λόγω μυκητολογικής προσβολής (σήψη λαιμού). Το φθινόπωρο του 2010 χρησιμοποιήθηκαν 200 φυτά ανά επέμβαση, ενώ την άνοιξη και το φθινόπωρο του 2011 καλλιεργήθηκαν 120 και 126 φυτά ανά επέμβαση αντίστοιχα. Τέλος, την άνοιξη του 2012 καλλιεργήθηκαν 120 φυτά ανά επέμβαση.

Για τη δημιουργία της αλατότητας χρησιμοποιήθηκε πυκνό διάλυμα (stock solution) 1M NaCl. Σε κάθε εφαρμογή του διαλύματος στην ποσότητα του νερού προσθέτονταν η ανάλογη ποσότητα λιπάσματος (20-20-20) και στη συνέχεια η απαραίτητη ποσότητα από το

πυκνό διάλυμα προκειμένου να δημιουργηθεί το επιθυμητό επίπεδο ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Για τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας χρησιμοποιήθηκε το αγωγιμόμετρο Cyberscan CON 100 (Eutech Instruments Pte Ltd, Singapore).

2.4 Υδατική καταπόνηση

Η εφαρμογή της υδατικής καταπόνησης στα φυτά γινόταν με την καθυστέρηση του ποτίσματος μέχρι η υγρασία στο υπόστρωμα να μειωθεί στο επιθυμητό επίπεδο σύμφωνα με τις ενδείξεις των τασιμέτρων εδάφους (Irrometer-Moisture Indicator, Irrometer, Riverside, California) τα οποία είχαν τοποθετηθεί μέσα στις γλάστρες. Εφαρμόστηκαν δύο επίπεδα υδατικής καταπόνησης. Στο πρώτο επίπεδο η άρδευση γινόταν όταν η ένδειξη του τασιμέτρου ήταν 30-40%, ενώ στο δεύτερο επίπεδο όταν η ένδειξη ήταν 50-60%. Τα ποσοστά αυτά είναι οι ενδείξεις των τασιμέτρων σε centibars όπου 0% = κορεσμός του εδάφους σε υγρασία και 100% είναι ξηρό έδαφος. Με την άρδευση γινόταν ταυτόχρονα η λίπανση των φυτών καθώς γινόταν προσθήκη ισορροπημένης λίπανσης (20-20-20) στο επίπεδο των 300 ppm N.

Ο προσδιορισμός της επίδρασης της υδατικής καταπόνησης έγινε μόνο την άνοιξη και όχι το φθινόπωρο διότι κατά την φθινοπωρινή καλλιέργεια η υγρασία στο υπόστρωμα παρέμεινε υψηλή εξαιτίας των καιρικών συνθηκών. Την άνοιξη του 2012 και του 2013 καλλιεργήθηκαν 60 φυτά για κάθε μεταχείριση. Η καλλιέργεια των φυτών έγινε όπως και στα προηγούμενα πειράματα (γλάστρες, βασική λίπανση) με τη διαφορά ότι πραγματοποιήθηκε μόνο σε υπαίθριο χώρο (χωρίς κάλυψη). Στο πείραμα αυτό έγιναν μετρήσεις μόνο κατά τη συγκομιδή καθώς δεν υπήρχε αρκετό φυτικό υλικό για αποθήκευση.

2.5 Σύστημα επίπλευσης

Για τη μελέτη της επίδρασης της αλατότητας στα φλαβονοειδή πραγματοποιήθηκε μια καλλιέργεια του άνηθου σε σύστημα επίπλευσης χρησιμοποιώντας λεκάνες πλαστικές όγκου 45L (78x56x18 cm.) στο επάνω μέρος των οποίων τοποθετήθηκαν δίσκοι σποράς με 40 φυτά σε κάθε λεκάνη. Οι επεμβάσεις με αλατότητα ήταν οι 2, 4 και 8 dS m⁻¹, και για κάθε επέμβαση χρησιμοποιήθηκαν 3 λεκάνες. Σε κάθε λεκάνη είχε τοποθετηθεί μια αντλία αέρα (Eheim air pump 400, 400 L h⁻¹, Deizisau, Germany) και ένας κυκλοφορητής νερού (Eheim compact 1001 – 600 L h⁻¹) προκειμένου να οξυγονώνεται το νερό.

Χρησιμοποιήθηκαν τα εξής πυκνά θρεπτικά διαλύματα:

- A. (20L) 1,772 kg CaNO₃ + 0.365 kg KNO₃ + 0.034kg Χηλικός σίδηρος
- B. (20L) 0.697 kg KNO₃ + 1.084 kg MgSO₄ + 0.327 kg (0-52-34) + 0,052 kg K₂SO₄
- Γ. (50L) νιτρικό οξύ (0,687L)
- Δ. 5850g αλάτι (NaCl) σε 100 L νερό

Από τα διαλύματα Α και Β χρησιμοποιήθηκαν 0,19L σε βαρέλια όγκου 190L (1:100), και η κατάλληλη μεταχείριση αλατότητας εφαρμόστηκε από το διάλυμα Δ. Το pH ρυθμίστηκε να είναι 5,6 με τη κατάλληλη δόση από το διάλυμα Γ. Κάθε εβδομάδα γινόταν έλεγχος στα διαλύματα μέσα στις λεκάνες και συμπληρώνονταν με την ανάλογη ποσότητα από τα πυκνά διαλύματα, ρυθμίζοντας πάντα το pH και την αγωγιμότητα.

Το πείραμα στο σύστημα επίπλευσης πραγματοποιήθηκε σε μη-θερμαινόμενο θερμοκήπιο σε δύο εποχές, φθινόπωρο και άνοιξη. Η σπορά για το πείραμα του φθινοπώρου πραγματοποιήθηκε στις 28/09/2012, σε δίσκους σποράς 150 θέσεων με υπόστρωμα εμπλουτισμένης τύρφης (KTS 2, Klasmann-Deilmann GmbH, Geeste, Germany), σε βάθος περίπου 0.5εκ.. Σε κάθε θέση σποράς τοποθετήθηκαν 2-3 σπόροι και μετά την εμφάνιση των φυταρίων διατηρήθηκε το πιο εύρωστο. Η εγκατάσταση του πειράματος έγινε στις 31/10/2012, ενώ η συγκομιδή στις 04/01/2013. Για το πείραμα της άνοιξης η σπορά έγινε στις 03/02/2013, η εγκατάσταση του πειράματος στις 20/03/2013 και η συγκομιδή στις 25/04/2013.

2.6 Συγκομιδή - Μετρήσεις

Κατά την συγκομιδή των φυτών (η οποία πραγματοποιήθηκε στις 8-9 το πρωί) κόπηκε το υπέργειο μέρος του φυτού 1 cm πάνω από το έδαφος. Στη συνέχεια μεταφέρθηκαν τα φυτά στο εργαστήριο όπου και πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις του ύψους και του αριθμού των φύλλων κάθε φυτού. Επίσης, έγινε προσδιορισμός του βάρους των φυτών καθώς επίσης και των φύλλων και των στελεχών ξεχωριστά με ζυγό ακριβείας Mettler 3600 (Mettler-Toledo GmbH, Greifensee, Switzerland). Στη συνέχεια φύλλα και στελέχη (βάρους 15-20g) τοποθετήθηκαν σε αλουμινένια δοχεία στο θάλαμο για ξήρανση στους 72°C (για 3-4 ημέρες, μέχρι να σταθεροποιηθεί το βάρος) προκειμένου να υπολογιστεί το ποσοστό ξηράς ουσίας και η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων (νιτρικά, χλώριο, νάτριο, κάλιο, ασβέστιο, ιχνοστοιχεία) στους φυτικούς ιστούς. Παράλληλα, την ίδια ημέρα με τη συγκομιδή, στα νωπά φύλλα και τα στελέχη πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών όπως της χλωροφύλλης (α, β, και ολική), της βιταμίνης C, των καροτενοειδών και των ολικών φαινολικών, ενώ δείγματα φύλλων βάρους 100g τοποθετήθηκαν στην κατάψυξη (-20°C) προκειμένου να πραγματοποιηθεί απόσταξη για τον προσδιορισμό των αιθέριων ελαίων.

Εκτός από τις μετρήσεις κατά τη συγκομιδή πραγματοποιήθηκε και αποθήκευση τμήματος φυτικών ιστών με σκοπό το προσδιορισμό των ποιοτικών και θρεπτικών στοιχείων μετασυλλεκτικά. Στο 1^ο και 2^ο έτος του πειράματος Α (επίδραση αζώτου), το υλικό που

χρησιμοποιήθηκε για τη συσκευασία των ιστών ήταν λεπτό φιλμ πολυβινυλίου τύπου “Cling” με διαπερατότητα σε οξυγόνο $19000 \text{ cm}^{-3} \text{ m}^{-2} \text{ 24h}^{-1}$ και υδρατμούς $190 \text{ g m}^{-2} \text{ 24h}^{-1}$, ενώ στο 3^ο έτος καθώς επίσης και σε όλα τα πειράματα Β (επίδραση της αλατότητας) χρησιμοποιήθηκαν σακούλες από αδιαπέραστο πλαστικό οι οποίες έκλειναν αεροστεγώς όγκου 600 ml. Σε κάθε συσκευασία τοποθετήθηκαν 2-3 ολόκληρα φύλλα (βάρους 15-20g) με σκοπό την αποθήκευση σε τρεις θερμοκρασίες (0,5 ή 2°C, 5 ή 7°C, 10°C) στο σκοτάδι για 1 ή 2 εβδομάδες. Η αεροστεγής συσκευασία των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με συσκευαστική μηχανή (MB 35, M.P.TEC S.r.l., Marano, Italy). Η τροποποίηση της ατμόσφαιρας πραγματοποιήθηκε με τη συσκευή μείξης αερίων (MAP MIX 9000, PBI Dandensor, Ringsted, Denmark). Η μέτρηση της σύστασης της ατμόσφαιρας πραγματοποιήθηκε με τη συσκευή ανάλυσης O₂ και CO₂ (Check Mate II, PBI Dansensor Ringsted, Denmark). Μετά το τέλος της αποθήκευσης πραγματοποιήθηκαν οι ίδιες μετρήσεις όπως και κατά τη συγκομιδή.

Προσδιορισμός χλωροφύλλης

Για τον προσδιορισμό της χλωροφύλλης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του Arnon (1949). Δείγμα φρέσκου ιστού (1g) λειοτριβήθηκε σε γουδί με διάλυμα 80 % ακετόνης – 20% νερό, για 1 λεπτό περίπου μέχρι πλήρη αποχρωματισμό όλων των φυτικών ιστών. Στη συνέχεια ακολούθησε διήθηση του τελικού διαλύματος με φίλτρα (Filtrak Rundfilter, d=11 cm, 80 g m⁻², sorte 289) σε κωνικές φιάλες μέχρι τον όγκο των 100 ml. Στη συνέχεια έγινε η μέτρηση της απορρόφησης της χλωροφύλλης με το φασματοφωτόμετρο (Perkin-Elmer Model Lambda 1A, Perkin-Elmer, Waltham, Mass.) σε μήκη κύματος 645 και 663 nm με τυφλό (blank) ακετόνη 80%.

Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης σε mg g⁻¹ χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις:

- $C_a = (12,7 * A^{663} - 2,69 * A^{645}) * x / (1000 * n)$
- $C_b = (22,9 * A^{645} - 4,68 * A^{663}) * x / (1000 * n)$
- $C_{total} = C_a + C_b$

Όπου x = ο όγκος στον οποίο έγινε η αραίωση του δείγματος

n = το νωπό βάρος του δείγματος

Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg 100 g⁻¹ νωπού βάρους ιστού.

Προσδιορισμός καρροτενοειδών

Για τον προσδιορισμό των καρροτενοειδών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Kirk and Allen (1965). Ο τρόπος προετοιμασίας των δειγμάτων ήταν ο ίδιος με αυτόν του

προσδιορισμού της χλωροφύλλης, οπότε χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια δείγματα. Η μέτρηση της απορρόφησης των καροτενοειδών έγινε με το φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 480 nm με τυφλό (blank) ακετόνη 80%.

Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$\text{Καροτενοειδή} = A^{480} + (0.114 \times A^{663} - 0.638 \times A^{645}).$$

Η έκφραση των αποτελεσμάτων έγινε σε $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ νωπού βάρους ιστού.

Προσδιορισμός της βιταμίνης C (ασκορβικό οξύ)

(α) Με τη μέθοδο Merck-Reflectoquant

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε μόνο στο πρώτο πείραμα της επίδρασης του αζώτου. Για τον προσδιορισμό της βιταμίνης C (ασκορβικό οξύ) με το Merck Reflectometer RQflex, με ταινίες Reflectoquant Ascorbic Acid Test, Cat.No 1.16981.0001 (Merck KGaA, Darmstadt, Germany) χρησιμοποιήθηκαν 5g φυτικού ιστού και 50ml διαλύματος οξαλικού οξέος 1%. Αφού το μείγμα ομογενοποιήθηκε σε μπλέντερ, ακολούθησε διήθηση σε ποτήρι ζέσεως όπου και πραγματοποιήθηκε η μέτρηση με βύθιση των ταινιών στο διάλυμα για 2 sec.

Το αποτέλεσμα σε mg kg^{-1} νωπού βάρους ιστού προκύπτει από την εξίσωση:

Περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ = (μέτρηση x όγκος δ/τος σε ml) / νωπό βάρος ιστού σε g.

Το τελικό αποτέλεσμα εκφράστηκε σε $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ νωπού βάρους ιστού.

(β) Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός

Για τον φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό του ασκορβικού οξέος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Bajaj and Kaur (1981). Σε μπλέντερ ομογενοποιήθηκαν για 2min 5g φυτικού ιστού σε 100ml οξαλικού οξέος 0.05M + EDTA 0,2mM. Ακολούθησε διήθηση και φυγοκέντριση σε ψυχόμενη φυγόκεντρο (Sigma 3-16 K, Sigma Laborzentrifugen GmbH, Osterode am Harz, Germany) για 30 λεπτά στα 4500g στους 20°C. Στη συνέχεια, σε φλάσκες των 25ml τοποθετήθηκαν: 5ml από το υπερκείμενο διάλυμα, 0,5ml μεταφωσφορικού οξέος (3% w/v) + οξικού οξέος (8% v/v), 1ml θεικού οξέος (5% v/v), 2ml αμμωνιακού μολυβδαινίου (5% m/v) και απεσταγμένο νερό μέχρι τελικού όγκου 25ml. Μετά από 15min έγινε διήθηση του διαλύματος και η απορρόφηση μετρήθηκε με το φασματοφωτόμετρο στο μήκος κύματος 760nm χρησιμοποιώντας ως τυφλό (blank) ένα παρόμοιο διάλυμα όπου το υπερκείμενο (5ml) αντικαθίσταται από τον ίδιο όγκο αποσταγμένου νερού. Η συγκέντρωση του L-ascorbic acid του δείγματος προσδιορίστηκε με βάση την εξίσωση η οποία προκύπτει από την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης χρησιμοποιώντας διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης ασκορβικού οξέος (0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 1.2 ml). Η έκφραση των αποτελεσμάτων έγινε σε $\text{mg L-ασκορβικού οξέος } 100\text{g}^{-1}$ νωπού βάρους ιστού.

Προσδιορισμός των ολικών φαινολικών

Για τον προσδιορισμό των ολικών φαινολικών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Folin Ciocalteu, σύμφωνα με τους Lisiewska et al. (2006). Για τη μέτρηση ζυγίστηκαν 0,5g φυτικού ιστού (έλασμα, μίσχος) το οποίο ομογενοποιήθηκε σε 10ml αιθανόλης (80%) σε γουδί. Στη συνέχεια τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικούς δοκιμαστικούς σωλήνες των 15ml και αφού έκλεισαν καλά επώαστηκαν σε υδατόλουτρο στους 100°C για 30 λεπτά από την έναρξη του βρασμού. Στο τέλος της επώασης τα δείγματα αφέθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για τη μείωση της θερμοκρασίας και φυγοκεντρήθηκαν στα 4500g για 5 λεπτά. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε καινούριους πλαστικούς δοκιμαστικούς σωλήνες 0,5ml από το υπερκείμενο διάλυμα του δείγματος, 0,5ml αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu (Panreac 251567.1609), 1ml ανθρακικό νάτριο (Na_2CO_3 - 60g L^{-1}) και απεσταγμένο νερό μέχρι τον όγκο των 10ml. Στη συνέχεια έγινε ανάδευση των δειγμάτων για ομογενοποίηση και παρέμειναν στο σκοτάδι για 90 λεπτά. Η μέτρηση της απορρόφησης πραγματοποιήθηκε στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 675 nm. Η βαθμονόμηση του φασματοφωτόμετρου και ο υπολογισμός της καμπύλης αναφοράς έγινε σύμφωνα με τους Singleton and Rossi (1965). Παρασκευάστηκε πυκνό διάλυμα γαλλικού οξέος (0,25g gallic acid σε 5ml αιθανόλης + απεσταγμένο νερό μέχρι τα 50ml). Βάσει διαλυμάτων γνωστής συγκέντρωσης γαλλικού οξέος (0, 100, 200, 300, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 μl) υπολογίστηκε η καμπύλη αναφοράς και στη συνέχεια έγινε η αντιστοίχιση των ενδείξεων των δειγμάτων. Η έκφραση των αποτελεσμάτων έγινε σε αντίστοιχες μονάδες γαλλικού οξέος (gallic acid equivalents), δηλ. mg GAE 100 g^{-1} νωπού βάρους ιστού.

Προσδιορισμός νιτρικών

Για τη μέτρηση των νιτρικών χρησιμοποιήθηκε η φασματοφωτομετρική μέθοδος της νιτροποίησης του σαλικυλικού οξέος (Cataldo et al., 1975). Κάθε δείγμα (αποξηραμένο στους 72°C) λειοτριβήθηκε σε τεμάχια διαμέτρου $\leq 0,25$ mm με γουδί. Στη συνέχεια μεταφέρθηκαν 100 mg από το κάθε δείγμα σε δοκιμαστικούς σωλήνες με 10ml αποσταγμένο νερό, οι οποίοι επώαστηκαν σε υδατόλουτρο για μια ώρα σε θερμοκρασία 45°C. Ακολούθησε διήθηση των δειγμάτων σε κωνικές φιάλες των 50ml, από τα οποία αφαιρέθηκε ποσότητα 0,2ml και τοποθετήθηκε σε κωνική φιάλη των 50ml μαζί με 0,8 ml σαλικυλικού οξέος 5% (w/v) σε πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4) με ταυτόχρονη ανάδευση. Τα δείγματα παρέμειναν για 20-25min προκειμένου να έρθουν σε θερμοκρασία δωματίου, δεδομένου ότι η προηγούμενη αντίδραση είναι εξώθερμη και προκαλεί έκλυση θερμότητας. Στη συνέχεια σε κάθε κωνική προστέθηκαν 19ml 2N NaOH, με ταυτόχρονη ανάδευση. Επειδή και αυτή η αντίδραση είναι

εξώθερμη, τα δείγματα παρέμειναν σε θερμοκρασία δωματίου για άλλα 20-25min. Η μέτρηση της απορρόφησης στο φασματοφωτόμετρο πραγματοποιήθηκε σε μήκος κύματος 410 nm. Βάσει διαλυμάτων γνωστής συγκέντρωσης νιτρικών (0, 15, 30, 75, 150, 300, 450, 600, 750, 900, 1050, 1200, 1350, 1500 ppm N υπό μορφή NO₃) υπολογίστηκε η καμπύλη αναφοράς με την οποία έγινε η αντιστοίχιση των ενδείξεων των δειγμάτων. Η έκφραση των αποτελεσμάτων έγινε σε mg NO₃ 100g⁻¹ νωπού βάρους ιστού.

Προσδιορισμός του χλωρίου

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του χλωρίου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Eaton et al. (1995). Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην εξουδετέρωση ιόντων χλωρίου με νιτρικό άργυρο (AgNO₃) παρουσία χρωμικού καλίου ως δείκτη. Κάθε δείγμα αφού ξηράνθηκε στους 72°C λειοτριβήθηκε σε γουδί. Στη συνέχεια 0,5g από κάθε δείγμα τοποθετήθηκαν σε πλαστικά μπουκαλάκια, όπου προστέθηκαν 50ml απεσταγμένο νερό θερμοκρασίας 70°C. Τα μπουκαλάκια σφραγίστηκαν και ακολούθησε ανάδευση για 30min σε οριζόντιο αναδευτήρα (Unitwist orbital shaker, UniEquip Laborgerätebau und Vertriebs GmbH, Planegg, Germany) σε 250rpm. Ακολούθησε παραμονή των δειγμάτων στο πάγκο για 15min να ισορροπήσουν, διήθηση και μεταφορά των διαλυμάτων σε κωνικές φιάλες των 100ml. Σε κάθε κωνική φιάλη τοποθετήθηκε συγκεκριμένη ποσότητα διαλύματος, ανάλογα με το επίπεδο αλατότητας (στο πείραμα που αφορά στην επίδραση της αλατότητας, πίνακας 2.1) και απεσταγμένο νερό μέχρι των όγκο των 100ml.

Στη συνέχεια προστέθηκε σε κάθε φιάλη 1ml διαλύματος δείκτη K₂CrO₄ (5% w/v) και ακολούθησε τιτλοδότηση με διάλυμα AgNO₃ (0,014 N). Τα αντιδραστήρια είχαν προετοιμαστεί από τη προηγούμενη ημέρα ώστε ο δείκτης διχρωμικού καλίου να παραμείνει σε ηρεμία στο σκοτάδι για 12 ώρες. Σα μηδενικό δείγμα (blank) χρησιμοποιήθηκε απεσταγμένο νερό. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg 100g⁻¹ νωπού βάρους ιστού.

Πίνακας 2.1: Τρόπος παρασκευής διαλυμάτων προς τιτλοδότηση ανάλογα με τη συγκέντρωση της αλατότητας.

Μεταχειρίσεις	Διάλυμα	Απεσταγμένο νερό
Μηδενικό δείγμα	0ml	100ml
S0 (μάρτυρας - 0,6 dS m ⁻¹)	25ml	75ml
S1 (2,0 dS m ⁻¹)	20ml	80ml
S2 (4,0 dS m ⁻¹)	15ml	85ml
S3 (6,0 dS m ⁻¹)	10ml	90ml
S4 (8,0 dS m ⁻¹)	5ml	95ml

Προσδιορισμός του νατρίου και του καλίου

Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των στοιχείων Na και K πραγματοποιήθηκε με το φλογοφωτόμετρο (Sherwood Model 410, Cambridge, UK). Κάθε δείγμα αφού ξηράνθηκε στους 72°C λειοτριβήθηκε σε γουδί. Στη συνέχεια 0,5g από το αλεσμένο δείγμα τοποθετήθηκε σε κάψα πορσελάνης και οι κάψες θερμάνθηκαν σε αποτεφρωτικό φούρνο (LM 312, Linn High Therm GmbH, Eschenfelden, Germany) στους 550°C για 8 ώρες. Αφού τα δείγματα ήρθαν σε θερμοκρασία δωματίου σε κάθε κάψα προστέθηκαν 10ml HCl (1M) και ακολούθησε ανάδευση με γυάλινη ράβδο. Στη συνέχεια το περιεχόμενο μεταφέρθηκε σε φλάσκα των 100ml (με ξέπλυμα της κάψας τρεις φορές), με διήθηση σε διηθητικό χαρτί (ashless, MN 640, d=125 mm, Macherey – Nagel, Duren, Germany) και σε όλες τις φλάσκες προστέθηκε απεσταγμένο νερό μέχρι τον όγκο των 100 ml. Από τα παραπάνω διαλύματα (πυκνά) μεταφέρθηκε 1ml σε φλάσκα των 100ml, όπου ακολούθησε αραιώση με απεσταγμένο νερό μέχρι τα 100 ml και ο προσδιορισμός των στοιχείων έγινε στο φλογοφωτόμετρο. Το Na μετρήθηκε στα αραιά διαλύματα ενώ το K στα πυκνά και η συγκέντρωσή τους εκφράστηκε σε $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ νωπού βάρους ιστού.

Προσδιορισμός άλλων ανόργανων στοιχείων

Η προετοιμασία για τον προσδιορισμό των στοιχείων ασβέστιο, μαγνήσιο, σίδηρος, ψευδάργυρος, μαγγάνιο έγινε όπως και στο νάτριο με το κάλιο, δηλαδή οι μετρήσεις έγιναν στα ίδια δείγματα αλλά ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων έγινε στο σπεκτροφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης (Perkin Elmer 1100B, Waltham, MA).

Ποσοτικός και ποιοτικός προσδιορισμός των αιθέριων ελαίων

Για τον ποσοτικό και ποιοτικό προσδιορισμό των αιθέριων ελαίων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος υδροαπόσταξης σε συσκευή Clevenger. Η συσκευή αποτελείται από ένα κύριο μέρος, ψυκτήρα, και μια σφαιρική φιάλη χωρητικότητας 1000 ml. Το νωπό δείγμα (80-100g) τοποθετήθηκε μαζί με 400ml απιονισμένου νερού στη σφαιρική φιάλη και θερμάνθηκε με τη χρήση θερμομανδύα (Barnstead Electrothermal Model EMV 1000, Barnstead International, Southend, U.K.). Οι υδρατμοί που σχηματίζονται μαζί με τα πτητικά συστατικά φτάνουν στον ψυκτήρα, στον οποίο κυκλοφορεί νερό βρύσης και υγροποιούνται. Η φάση του αιθέριου ελαίου βρίσκεται πάνω από το νερό και σταδιακά συγκεντρώνεται στον διαβαθμισμένο σε δέκατα του ml σωλήνα του κυρίου μέρους της συσκευής. Ο χρόνος απόσταξης διήρκεσε 3 ώρες και ξεκίνησε από τη στιγμή που άρχιζε ο βρασμός του δείγματος στη σφαιρική φιάλη. Η ποσότητα του αιθέριου ελαίου μετράται άμεσα σε ml και εκφράζεται σε $\text{ml } 100\text{g}^{-1}$ νωπού

βάρους ιστού. Με την τεχνική της εκχύλισης σε εκχυλιστική χοάνη και με διαλύτη διαιθυλαιθέρα (3-5 ml ανάλογα τη ποσότητα του δείγματος) παραλαμβάνεται το αιθέριο έλαιο από την υδατική φάση. Η οργανική φάση απαλλάσσεται από ίχνη υγρασίας με τη χρήση κατάλληλης ποσότητας άνυδρου θειικού μαγνησίου μέχρι να αρχίσει να γίνεται συσσωμάτωση και φυλάσσεται στην κατάψυξη (-20°C) μέσα σε γυάλινο φιαλίδιο και σε συνθήκες έλλειψης φωτός, μέχρι να μελετηθεί με GC-MS.

Πριν την ανάλυση το δείγμα συμπυκνώθηκε σε τελικό όγκο 1ml, από το οποίο ποσότητα 1μl, εισήχθη αυτόχειρα στο σύστημα έγχυσης του αέριου χρωματογράφου και με την τεχνική “splitless”. Η ανάλυση των αιθέριων ελαίων έγινε με αέριο χρωματογράφο, σε συνδυασμό με ανιχνευτή μάζας (GC-MS). Για την διάταξη GC-MS ο αεριοχρωματογράφος ήταν ο 5890 Series II της Hewlett Packard (Hewlett Packard, Waldbronn, Germany), ενώ ο ανιχνευτής μάζας ήταν ο 5792 της ίδιας εταιρίας. Η στήλη ήταν η HP-5MS με μήκος 30m, εσωτερική διάμετρο 0,25mm και πάχος φίλμ 0,25μm. Το φέρον αέριο ήταν το He με ροή 1 ml min⁻¹ και πίεση p=2,5 psi. Το πρόγραμμα του αέριου χρωματογράφου ξεκινούσε με θερμοκρασία 50°C για 3 min. Στην συνέχεια η θερμοκρασία ανέβαινε με ρυθμό 4°C min⁻¹ στους 200°C, όπου παρέμενε για 5 min. Η συνολική διάρκεια του προγράμματος ήταν 47,5min. Η θερμοκρασία του εισαγωγέα ήταν 220°C, ενώ η θερμοκρασία της γραμμής διαβίβασης του ανιχνευτή ήταν 290°C. Για τον φασματογράφο μάζας η ενέργεια ιονισμού ήταν 290°C. Μετά το GC-MS τα δείγματα μετρήθηκαν και σε FID (με τα ίδια χαρακτηριστικά όπως και ο MS για τον ποσοτικό προσδιορισμό των ουσιών).

Προσδιορισμός φλαβονοειδών ουσιών

Για τον προσδιορισμό των φλαβονοειδών ουσιών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Krumbein et al. (2007), και η διαδικασία έγινε στο εργαστήριο του ερευνητικού ινστιτούτου στο Grossbeeren της Γερμανίας (Leibniz Institute of Vegetable and Ornamental Crops, Grossbeeren/Erfurt) καθώς και στο εργαστήριο των κηπευτικών καλλιεργειών. Η συσκευή η οποία χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από τον ψυκτήρα, και μια σφαιρική φιάλη χωρητικότητας 250 ml. Οι φυτικοί ιστοί (έλασμα φύλλων) τοποθετήθηκαν στους -80°C, για 3 ημέρες, και στη συνέχεια στο freeze-drier (Leybold-Heraeus GT2, (Leybold-Heraeus G.m.b.H, Germany) για 48 ώρες προκειμένου να αφυδατωθούν τελείως. Ακολούθησε τρίψιμο του δείγματος και στη συνέχεια 0,5g δείγματος τοποθετήθηκε σε σφαιρική φιάλη όγκου 250ml, με 40ml μεθανόλη (62,5%) και 10 ml HCl (8M) και θερμάνθηκε με τη χρήση θερμομανδύα Barnstead Electrothermal (EMV 250). Ο χρόνος απόσταξης διήρκησε 4 ώρες

και ξεκίνησε από τη στιγμή που άρχιζε ο βρασμός του δείγματος. Ακολούθησε τοποθέτηση του μείγματος σε ογκομετρική φλάσκα των 100 ml και ανάδευση για 5 λεπτά (για ομογενοποίηση του μείγματος). Στη συνέχεια το διάλυμα μεταφέρθηκε σε πλαστικό μπουκάλι αφού πρώτα έγινε διήθηση. Τελικά, 2ml από το δείγμα μεταφέρθηκαν (με τη σύριγγα και το φίλτρο σύριγγας – Macherey Nagel, Chromafil PTFE - 45/25 διαμ. πόρων 0,45μm) σε γυάλινο μπουκαλάκι προκειμένου να γίνει η ανάλυση στο HPLC.

Ο ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των φλαβονοειδών ουσιών στη Γερμανία πραγματοποιήθηκε στο 1100 HPLC (Agilent, Waldbronn, Germany) με ανιχνευτή diode array detection system. Η στήλη ήταν Prodigy ODS(3) (250*4.6mm, 5μ, 100A^o) (Phenomenex, Aschaffenburg, Germany) με security guard C18 (4*3mm) στους 25^oC.

Οι κινητές φάσεις ήταν οι εξής:

- A. νερό HPLC με με 0,1% TFA (trifluoroacetic acid) και 2% THF (tetrahydrofuran)
- B. ακετονιτρίλιο

Το gradient πρόγραμμα τροποποιήθηκε από τους Li and Fitzloff (2002) και έγινε ως εξής:

Χρόνος (min)	A (%)	B (%)
0	70	30
5	65	35
17	61	39
22	10	90
24	10	90 isocratic
29	70	30
34	70	30 isocratic

Τα χρωματογράμματα παρακολουθούνταν στα 270 nm με ρυθμό ροής 1ml min⁻¹. Η περιεκτικότητα των ουσιών προσδιορίστηκε ποσοτικά με καμπύλες των πρότυπων ουσιών. Τα αποτελέσματα υπολογίστηκαν σε mg 100g⁻¹ νωπού βάρους ιστού.

Ο προσδιορισμός των φλαβονοειδών ουσιών στο εργαστήριο των κηπευτικών καλλιεργειών έγινε σύμφωνα με τη μεθοδολογία των Krumbein et al. (2007) (εκχύλιση και μέτρηση στο Grossbeeren), Li and Fitzloff (2002) (μέτρηση στο HPLC) και Gray et al. (2005) (μέτρηση HPLC). Το HPLC αποτελείται από την αντλία Varian 9010 ternary gradient pump (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) και τον εισαγωγέα Rheodyne (20μl loop). Η στήλη ήταν η Supelco Discovery RP-C18 (250x4.6 mm I.D., 5 μm) (Supelco, Bellefonte, PA, USA), χωρίς χρήση guard column. Η θερμοκρασία της στήλης ήταν 30^oC και ο ανιχνευτής ήταν ο Shimadzu Prominence SPD-M20A Photo diode Array Detector (DAD) (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan), μέτρηση AA στα 270 nm. Το σύστημα συλλογής δεδομένων ήταν το Shimadzu Prominence CBM-20A. Το πρόγραμμα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων ήταν το Shimadzu LC solution.

Οι κινητές φάσεις ήταν σύμφωνα με τους Li and Fitzloff (2002) οι εξής:

- Α. νερό HPLC με 5% μεθανόλη και 0,05% TFA (trifluoroacetic acid).
- Β. μεθανόλη με 0,05% TFA.

Το gradient πρόγραμμα τροποποιήθηκε από τους Li and Fitzloff (2002) και έγινε ως εξής:

Χρόνος (min)	A (%)	B (%)
0	70	30
45	30	70
46	10	90
52	10	90
53	70	30
60	70	30

Οι κύριες φλαβονοειδείς ουσίες στον άνηθο είναι τρεις, καμφερόλη, κουαρσετίνη, ισοραμεντίνη, οπότε παρασκευάστηκαν standards από αυτές τις πρότυπες ουσίες σύμφωνα με τους Gray et al. (2005). Αρχικά παρασκευάστηκε ένα πυκνό διάλυμα 150 ppm και των τριών ουσιών ως εξής: σε 2ml DMSO διαλύθηκαν 3,75mg καμφερόλη, 4,20mg κουαρσετίνη dihydrate και 3,75mg ισοραμεντίνη με προσθήκη μεθανόλης μέχρι τα 25ml. Ακολούθησε κατάλληλη αραίωση του πυκνού διαλύματος σε 5 σημεία standards, 2, 5, 15, 30, 50 ppm.

Εδαφικές αναλύσεις

Οι εδαφικές αναλύσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν ήταν ο προσδιορισμός του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC). Αφού έγινε η δειγματοληψία, μετά το τέλος της καλλιέργειας από βάθος 10-20 εκ., το δείγμα τοποθετήθηκε σε ανοικτό αλουμινένιο δοχείο προκειμένου να τοποθετηθεί στον φούρνο (72°C) για να ξηραθεί. Μετά από 3-4 ημέρες ζυγίστηκαν 50g από το δείγμα και τοποθετήθηκαν σε ένα ποτήρι ζέσεως όγκου 300ml. Στη συνέχεια προστέθηκαν 250ml απεσταγμένου νερού και ακολούθησε ανάδευση με γυάλινη ράβδο κάθε 10 λεπτά για τα επόμενα 30 λεπτά, ενώ παρέμεινε για την υπόλοιπη ώρα σε ηρεμία. Σε αυτό το χρονικό σημείο πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός του pH του εδαφικού μείγματος με pHμετρο (pH 25, Crison Instruments S.A., Barcelona, Spain).

Αφού έγινε η μέτρηση του pH, ακολούθησε διήθηση του δείγματος με διηθητικό χαρτί σε ποτήρι ζέσεως όγκου 50ml και ο προσδιορισμός της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο δείγμα με αγωγιμόμετρο (CM 35, Crison Instruments S.A.).

Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων

Η στατιστική ανάλυση έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS Statistics 22, όπου ως κριτήριο για τις συγκρίσεις των μέσων χρησιμοποιήθηκε η Ε.Σ.Δ. ($p=0,05$).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη, την παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου σε δύο εποχές σποράς: φθινοπωρινή και ανοιξιάτικη

3.1. Α. Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη του άνηθου

Τα αποτελέσματα προέκυψαν από τη μελέτη της επίδρασης της εποχής σποράς και της εφαρμοζόμενης συγκέντρωσης αζώτου στην ανάπτυξη των φυτών και συγκεκριμένα στο βάρος και το ύψος του υπέργειου τμήματος του φυτού, και στον αριθμό των φύλλων. Στον πρώτο και τον τρίτο χρόνο του πειράματος μετρήθηκε το νωπό βάρος των φύλλων και των στελεχών ενώ στο δεύτερο χρόνο, όπου η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε πριν την ανάπτυξη στελεχών, μόνο των φύλλων. Η διαφορά στο βάρος και στο ύψος μεταξύ των τριών χρόνων οφείλεται στο διαφορετικό βαθμό ανάπτυξης των φυτών στο στάδιο συγκομιδής.

3.1. Α.1. Φθινοπωρινή σπορά

Η εφαρμογή υψηλών συγκεντρώσεων αζώτου (>150ppm) στα φυτά, τον πρώτο και τον τρίτο χρόνο του πειράματος, σταδιακά αύξησε το νωπό βάρος του φυτού και τον αριθμό των φύλλων, το ύψος όμως μειώθηκε στα 300–450 ppm N (πίνακας 3.1.1). Στο δεύτερο έτος του πειράματος, όπου η συγκομιδή έγινε σε πιο πρώιμο στάδιο ανάπτυξης και τα φυτά δεν ανέπτυξαν ανθικό στέλεχος, παρατηρήθηκε αύξηση σε όλες τις μετρήσεις από το μάρτυρα στα 150 ppm N χωρίς περεταίρω αύξηση σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις N.

Πίνακας 3.1.1: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στο ύψος του φυτού, τον αριθμό των φύλλων και το νωπό βάρος του φυτού.

ΕΤΟΣ	Λίπανση	Ύψος φυτού (cm)	Αριθμός φύλλων φυτό ⁻¹	Βάρος (g φυτό ⁻¹)
1	Μάρτυρας (N0)	130,65 a	6,00 d	58,19 d
	150 ppm (N1)	129,16 a	14,47 c	133,39 c
	300 ppm (N2)	111,46 b	18,45 b	162,48 b
	450 ppm (N3)	104,97 b	21,36 a	186,73 a
2	Μάρτυρας (N0)	24,91 b	6,57 b	3,26 b
	150 ppm (N1)	35,43 a	10,57 a	20,68 a
	300 ppm (N2)	39,37 a	10,44 a	26,59 a
	450 ppm (N3)	37,45 a	9,80 a	23,28 a
3	Μάρτυρας (N0)	61,01 a	8,86 d	30,73 c
	150 ppm (N1)	60,76 a	10,58 c	42,09 b
	300 ppm (N2)	60,30 a	11,66 b	48,47 a
	450 ppm (N3)	56,74 b	12,24 a	48,54 a

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Η συγκέντρωση N στο μάρτυρα σε όλα τα πειράματα του κεφαλαίου 3.1 ήταν 50 ppm.

Το νωπό βάρος των φύλλων (πίνακας 3.1.2) στα πειράματα του πρώτου και τρίτου έτους αυξήθηκε σταδιακά με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης, ενώ το νωπό βάρος των στελεχών δεν επηρεάστηκε από την αύξηση του N σε συγκεντρώσεις άνω των 150 ppm.

Συγκρίνοντας τη σχέση στο βάρος των φύλλων και των στελεχών συμπεραίνουμε ότι όσο αυξάνεται το επίπεδο N τόσο μεγαλύτερο βάρος έχουν τα φύλλα σε σχέση με το βάρος των στελεχών. Στο δεύτερο έτος, η συγκομιδή έγινε σε πιο πρώιμο στάδιο και δεν μετρήθηκε χωριστά το βάρος των φύλλων και στελεχών. Η σχέση νωπού βάρους φύλλων / νωπού βάρους στελεχών ήταν μεγαλύτερη στο τρίτο έτος όπου τα φυτά συγκομίστηκαν σε μικρότερο μέγεθος σε σχέση με το πρώτο έτος, ενώ και στα δύο έτη παρατηρείται αύξηση της σχέσης με την αύξηση της λίπανσης.

Πίνακας 3.1.2: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στο νωπό βάρος των φύλλων και των στελεχών του φυτού, καθώς και στη σχέση φύλλων προς στελεχών.

Νωπό βάρος (g φυτό ⁻¹)			
ΕΤΟΣ 1 ^ο			Σχέση ν.β. φύλλων / ν.β. στελεχών
Λίπανση	Φύλλα	Στελέχη	
Μάρτυρας (N0)	23,02 d	34,77 b	0,68 c
150 ppm (N1)	61,68 c	68,09 a	0,93 b
300 ppm (N2)	89,63 b	70,35 a	1,30 a
450 ppm (N3)	104,10 a	78,20 a	1,36 a
ΕΤΟΣ 3 ^ο			Σχέση ν.β. φύλλων / ν.β. στελεχών
Λίπανση	Φύλλα	Στελέχη	
Μάρτυρας (N0)	22,65 c	7,61 b	3,15 c
150 ppm (N1)	32,81 b	9,34 a	3,90 b
300 ppm (N2)	38,21 a	9,80 a	4,09 b
450 ppm (N3)	39,29 a	8,34 ab	5,09 a

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

3.1. A.2 Ανοιξιάτικη σπορά

Συγκρίνοντας την ανάπτυξη των φυτών (πίνακας 3.1.3) στην ανοιξιάτικη σπορά παρατηρείται αύξηση στο νωπό βάρος των φυτών στη λίπανση με 300 ppm N στο πρώτο έτος και 300-450 ppm N στο δεύτερο έτος, ενώ δεν φάνηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στον αριθμό των φύλλων είτε στο πρώτο είτε στο δεύτερο έτος. Το ύψος των φυτών επίσης δεν επηρεάστηκε από το επίπεδο N το πρώτο έτος, ενώ το δεύτερο έτος τα φυτά του μάρτυρα (N0) ήταν σημαντικά υψηλότερα από τα υπόλοιπα φυτά.

Συγκρίνοντας το βάρος των φύλλων και στελεχών στα δύο έτη φαίνεται μια αξιοσημείωτη διαφορά η οποία μπορεί να αποδοθεί στη μεγαλύτερη ανάπτυξη των φυτών του πρώτου έτους.

Πίνακας 3.1.3: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στο ύψος του φυτού, τον αριθμό των φύλλων και το νωπό βάρος του φυτού.

ΕΤΟΣ	Λίπανση	Ύψος φυτού (cm)	Αριθμός φύλλων φυτό ⁻¹	Βάρος (g φυτό ⁻¹)
1	Μάρτυρας (N0)	52,13 a	9,03 a	102,51 b
	150 ppm (N1)	52,44 a	9,47 a	110,12 b
	300 ppm (N2)	55,00 a	9,47 a	143,74 a
	450 ppm (N3)	52,47 a	8,91 a	111,69 b
2	Μάρτυρας (N0)	75,43 a	7,44 a	22,14 c
	150 ppm (N1)	66,47 b	6,84 a	31,05 b
	300 ppm (N2)	60,36 b	6,78 a	36,57 a
	450 ppm (N3)	62,03 b	7,78 a	36,75 a

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Στο δεύτερο έτος του πειράματος (πίνακας 3.1.4) δεν παρατηρήθηκε επίδραση του αζώτου στο νωπό βάρος των στελεχών, ενώ το βάρος των φύλλων αυξήθηκε με τη συγκέντρωση του N. Η σύγκριση του νωπού βάρους των φύλλων και των στελεχών οδηγεί στο συμπέρασμα ότι με τη σταδιακή αύξηση της συγκέντρωσης N έως τα 300 ppm αυξήθηκε το νωπό βάρος των φύλλων σε σχέση με το νωπό βάρος των στελεχών.

Πίνακας 3.1.4: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στο νωπό βάρος των φύλλων και των στελεχών του φυτού, και στη σχέση φύλλων προς στελεχών.

Λίπανση	Νωπό βάρος (g φυτό ⁻¹)		Σχέση ν.β. φύλλων / ν.β. στελεχών
	Φύλλα	Στελέχη	
Μάρτυρας (N0)	10,78 c	11,09 a	0,91 c
150 ppm (N1)	18,56 b	12,45 a	1,59 b
300 ppm (N2)	26,04 a	10,47 a	3,12 a
450 ppm (N3)	24,13 a	12,42 a	2,00 b

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

3.1. Β. Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου

Τα αποτελέσματα αφορούν την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης, της εποχής σποράς και των συνθηκών αποθήκευσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά συμπεριλαμβάνουν το σκούρο πράσινο χρώμα των φύλλων, το χαρακτηριστικό άρωμα του φυτού και τα συστατικά που σχετίζονται με την ανθρώπινη διατροφή και τη γεύση του προϊόντος. Συγκεκριμένα μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις των εξής συστατικών: χλωροφύλλη α, χλωροφύλλη β, ολική χλωροφύλλη, βιταμίνη C, καροτενοειδή και ολικά φαινολικά, νιτρικά, αιθέρια έλαια, φλαβονοειδείς ουσίες, ενώ έγινε και προσδιορισμός του % ξηράς ουσίας. Επιπλέον, στο τέλος του κάθε πειράματος μετρήθηκε το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) του υποστρώματος σε σχέση με το επίπεδο N λίπανσης ως ένδειξη της επίδρασης του N στη σύσταση του υποστρώματος.

3.1. B.1 Φθινοπωρινή σπορά

Χλωροφύλλη

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, χλωροφύλλης β και ολικής χλωροφύλλης (Πίνακας 3.1.5) στον πρώτο χρόνο του πειράματος αυξήθηκε από το μάρτυρα μέχρι τα 150 ppm αζώτου χωρίς περαιτέρω αύξηση σε υψηλότερες συγκεντρώσεις N. Στο δεύτερο έτος παρατηρήθηκε διακύμανση στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης α με μέγιστες τιμές στα 150 και 450 ppm N, ενώ η χλωροφύλλη β και η ολική χλωροφύλλη αυξήθηκαν ανάλογα με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης μέχρι και τα 450 ppm N. Στο τρίτο έτος η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, χλωροφύλλης β και της ολικής χλωροφύλλης αυξήθηκαν μέχρι τα 300 ppm N, όπου και παρουσιάζουν τη μέγιστη τιμή.

Πίνακας 3.1.5: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, β και ολικής στα φύλλα ($\text{mg } 100\text{g νωπού βάρους}^{-1}$).

ΕΤΟΣ	Λίπανση	Χλωροφύλλη α	Χλωροφύλλη β	Ολική χλωροφύλλη
1	Μάρτυρας (N0)	134,84 b	53,17 b	188,01 b
	150 ppm (N1)	217,50 a	105,86 a	323,35 a
	300 ppm (N2)	221,12 a	109,08 a	330,20 a
	450 ppm (N3)	220,13 a	114,88 a	335,01 a
2	Μάρτυρας (N0)	78,40 c	22,81 c	101,22 c
	150 ppm (N1)	165,40 a	59,22 b	224,62 ab
	300 ppm (N2)	139,62 b	63,24 b	202,86 b
	450 ppm (N3)	164,14 a	73,82 a	237,95 a
3	Μάρτυρας (N0)	134,8 c	58,03 d	192,83 c
	150 ppm (N1)	184,8 b	78,24 c	263,07 b
	300 ppm (N2)	242,2 a	107,59 a	349,76 a
	450 ppm (N3)	193,9 b	86,53 b	280,49 b

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Καροτενοειδή

Οι μετρήσεις των καροτενοειδών στα φύλλα (Πίνακας 3.1.6) έγιναν μόνο στο τρίτο έτος του πειράματος. Η συγκέντρωση των καροτενοειδών αυξήθηκε με την αύξηση του αζώτου μέχρι τα 300 ppm αλλά μειώθηκε στα 450 ppm αζώτου.

Πίνακας 3.1.6: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στη συγκέντρωση των καροτενοειδών στα φύλλα ($\text{mg } 100\text{g νωπού βάρους}^{-1}$).

Λίπανση	3 ^ο ΕΤΟΣ
Μάρτυρας (N0)	46,85 c
150 ppm (N1)	60,20 b
300 ppm (N2)	71,58 a
450 ppm (N3)	58,44 b

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Βιταμίνη C

Στο 2^ο έτος η συγκέντρωση της βιταμίνης C στα φύλλα (πίνακας 3.1.7) αυξήθηκε ανάλογα με την αζωτούχο λίπανση έως τα 450 ppm N, ενώ στο 3^ο έτος παρουσίασε μέγιστη τιμή στα 150 ppm N.

Πίνακας 3.1.7: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στη συγκέντρωση της βιταμίνης C στα φύλλα (mg 100g νωπού βάρους⁻¹).

Λίπανση	2 ^ο ΕΤΟΣ	3 ^ο ΕΤΟΣ
Μάρτυρας (N0)	79,75 c	126,38 b
150 ppm (N1)	132,00 b	174,59 a
300 ppm (N2)	125,00 b	131,57 b
450 ppm (N3)	165,88 a	136,49 b

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Ολικά φαινολικά

Οι μετρήσεις των ολικών φαινολικών ουσιών στα φύλλα (Πίνακας 3.1.8) έγιναν στο τρίτο έτος του πειράματος. Η συγκέντρωση των φαινολικών μειώθηκε μετά την αύξηση του αζώτου στα 300 και 450 ppm αζώτου.

Πίνακας 3.1.8: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στη συγκέντρωση των φαινολικών ουσιών στα φύλλα (mg 100g νωπού βάρους⁻¹).

Λίπανση	3 ^ο ΕΤΟΣ
Μάρτυρας (N0)	220,66 a
150 ppm (N1)	219,97 a
300 ppm (N2)	170,79 b
450 ppm (N3)	193,41 b

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Φλαβονοειδή

Οι φλαβονοειδείς ουσίες οι οποίες εντοπίστηκαν στα φύλλα του άνηθου στο πρώτο έτος του πειράματος ήταν η κουαρσετίνη, η καμφερόλη και η ισοραμνετίνη (Πίνακας 3.1.9). Οι συγκεντρώσεις των κουαρσετίνη και ισοραμνετίνη μειώθηκαν με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης, ενώ η καμφερόλη εμφάνισε την μέγιστη συγκέντρωση στα 300 ppm N.

Συγκρίνοντας τις τρεις ουσίες καταλήγουμε ότι η ισοραμνετίνη είχε την υψηλότερη συγκέντρωση στο μάρτυρα, στα 150 και 300 ppm N, ακολούθησε η κουαρσετίνη, και τελευταία η καμφερόλη, ενώ στα 450 ppm N οι συγκεντρώσεις των τριών ουσιών δεν διέφεραν.

Πίνακας 3.1.9: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στη συγκέντρωση των φλαβονοειδών ουσιών στα φύλλα (mg 100g νωπού βάρους⁻¹).

Λίπανση	1 ^ο ΕΤΟΣ		
	Κουαρσετίνη	Καμφερόλη	Ισοραμνετίνη
Μάρτυρας (N0)	28,39 a (b)	6,78 c (c)	72,85 a (a)
150 ppm (N1)	17,43 b (b)	9,88 ab (c)	37,16 b (a)
300 ppm (N2)	14,87 bc (b)	11,41 a (b)	19,82 bc (a)
450 ppm (N3)	8,47 c (a)	7,11 bc (a)	9,67 c (a)

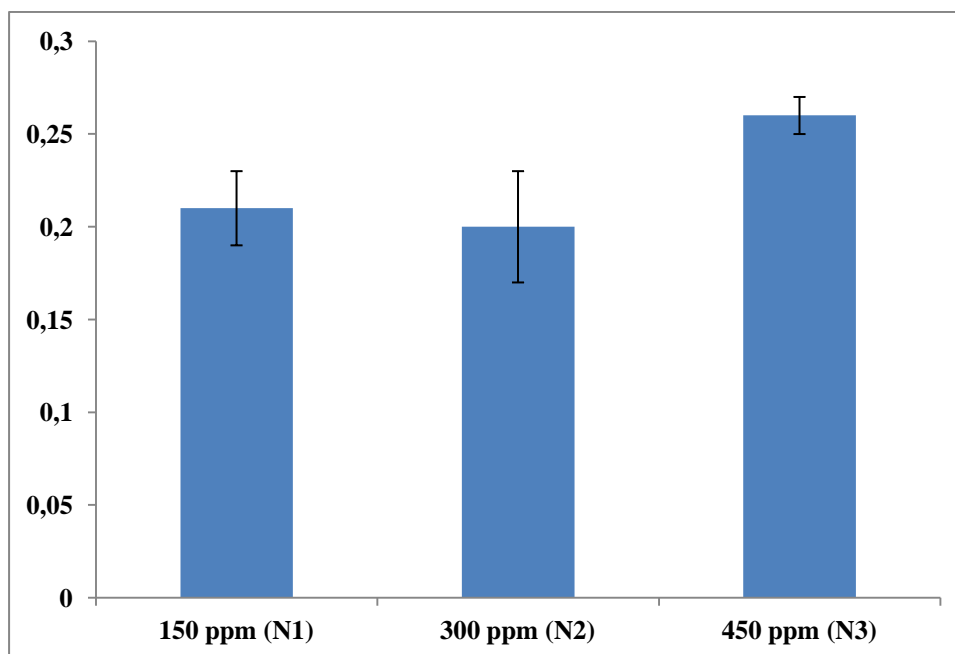
Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Αιθέρια έλαια

Ποσοτική ανάλυση αιθέριων ελαίων

Στο πρώτο έτος του πειράματος η ποσότητα των αιθέριων ελαίων που απομονώθηκε με απόσταξη από τα φύλλα του άνηθου ήταν μεγαλύτερη στα 450 ppm N σε σχέση με τα 150 και 300 ppm N (σχήμα 3.1.1). Σε φύλλα από τον μάρτυρα δεν πραγματοποιήθηκε εκχύλιση λόγω έλλειψης φυτικού υλικού. Στο δεύτερο και το τρίτο έτος η ποσότητα των αιθέριων ελαίων που συλλέχτηκε κατά την απόσταξη δεν αρκούσε για την ποσοτική ανάλυση.



Σχήμα 3.1.1: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στην ποσότητα των αιθέριων ελαίων που απομονώθηκαν με απόσταξη από τα φύλλα (ml 100g νωπού βάρους⁻¹). Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν στις τιμές τυπικού σφάλματος ΕΣΔ (p=0,05)

Ποιοτική ανάλυση αιθέριων ελαίων

Από την ποιοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων του πρώτου έτους προκύπτει ότι τα κύρια συστατικά ήταν τα α-θουγένιο, α-πινένιο, β-πινένιο, μυρκένιο, α-φελλανδρένιο, β-φελλανδρένιο, π-κυμένιο και ανηθοφουράνιο (Πίνακας 3.1.10). Από αυτά, τα α-φελλανδρένιο, β-φελλανδρένιο, π-κυμένιο και ανηθοφουράνιο βρίσκονταν στις υψηλότερες σχετικές συγκεντρώσεις.

Το επίπεδο αζωτούχου λίπανσης επηρέασε τη συγκέντρωση του α-φελλανδρένιο, που ήταν σημαντικά υψηλότερη στα 300 ppm N σε σχέση με τα 450 ppm N, ενώ η συγκέντρωση του π-κυμένιο ήταν υψηλότερη στα 450 ppm N σε σχέση με τα 300 ppm N αλλά όχι σε σχέση με τα 150 ppm N. Δεν υπήρχε επίδραση του N στις συγκεντρώσεις των άλλων συστατικών.

Πίνακας 3.1.10: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στη συγκέντρωση των συστατικών του αιθέριου ελαίου (ml 100g νωπού βάρους⁻¹).

A/A	Ουσίες	X.E. (min)	Μάρτυρας	150 ppm	300 ppm	450 ppm
1	α- θουγένιο	8,10	* n.d.	0,14 a	0,20 a	0,13 a
2	α - πινένιο	8,37	* n.d.	1,21 a	2,11 a	1,06 a
3	β-πινένιο	9,90	* n.d.	0,04 a	0,06 a	0,04 a
4	μυρκένιο	10,40	* n.d.	0,64 a	0,60 a	0,54 a
5	α-φελλανδρένιο	11,50	* n.d.	22,39 ab	178,12 a	0,48 b
6	π-κυμένιο	11,90	* n.d.	20,98 ab	6,26 b	28,81 a
7	β-φελλανδρένιο	12,30	* n.d.	4,67 a	15,98 a	3,07 a
8	Ανηθοφουράνιο	19,50	* n.d.	8,57 a	21,53 a	6,58 a

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

- nd: μη προσδιορισμός της ουσίας λόγω έλλειψης δειγμάτων. X.E.: Χρόνος έκλουσης.

Νιτρικά

Η συγκέντρωση των νιτρικών (Πίνακας 3.1.11) στα φύλλα, στο πρώτο και το τρίτο έτος, αυξανόταν συνέχεια με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης μέχρι και τα 450 ppm N, ενώ στο δεύτερο έτος σταθεροποιήθηκε μετά τα 300 ppm N. Η συγκέντρωση των νιτρικών στα στελέχη στο πρώτο έτος αυξήθηκε μέχρι τα 450 ppm αζώτου, ενώ στο τρίτο έτος δεν μεταβλήθηκε μετά τα 300 ppm N. Στα φυτά του δευτέρου έτους έγινε συγκομιδή στο στάδιο πριν αναπτυχθεί το στέλεχος και για αυτό το λόγο δεν υπάρχουν οι αντίστοιχες μετρήσεις.

Συγκρίνοντας τη συγκέντρωση νιτρικών στα φύλλα και τα στελέχη, προκύπτει ότι στο πρώτο πείραμα τα στελέχη είχαν υψηλότερη συγκέντρωση νιτρικών από τα φύλλα στον μάρτυρα, ενώ με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης η αναλογία αντιστράφηκε και τα φύλλα στη λίπανση των 450 ppm N είχαν σχεδόν 40% υψηλότερη συγκέντρωση νιτρικών

από τα στελέχη. Στο τρίτο έτος, τα στελέχη είχαν υψηλότερη συγκέντρωση νιτρικών από τα φύλλα σε όλα τα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης εκτός από τα 450 ppm N.

Πίνακας 3.1.11: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στη συγκέντρωση των νιτρικών σε φύλλα και στελέχη (mg 100g νωπού βάρους⁻¹).

ΕΤΟΣ	Λίπανση	Φύλλα	Στελέχη
1	Μάρτυρας (N0)	51,52 c (b)	83,04 c (a)
	150 ppm (N1)	123,75 c (a)	125,43 c (a)
	300 ppm (N2)	278,95 b (a)	189,48 b (b)
	450 ppm (N3)	435,74 a (a)	319,83 a (b)
Φύλλα			
2	Μάρτυρας (N0)	34,38 c	
	150 ppm (N1)	116,52 b	
	300 ppm (N2)	290,38 a	
	450 ppm (N3)	277,80 a	
Φύλλα			
3	Μάρτυρας (N0)	27,59 d (b)	62,98 c (a)
	150 ppm (N1)	145,94 c (b)	356,87 b (a)
	300 ppm (N2)	326,96 b (b)	514,59 a (a)
	450 ppm (N3)	472,62 a (a)	479,56 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

% Ξηράς ουσίας

Το ποσοστό της ξηράς ουσίας (Πίνακας 3.1.12) στα φύλλα στο πρώτο έτος παρουσίασε μέγιστο στα 150 και 300 ppm N ενώ στο δεύτερο και το τρίτο έτος στα 450 ppm N. Το ποσοστό της ξηράς ουσίας στα στελέχη στο πρώτο πείραμα ήταν χαμηλότερο στα 300 και 450 ppm N σε σχέση με το μάρτυρα και τα 150 ppm N. Στο τρίτο έτος παρατηρήθηκε μια διακύμανση στο ποσοστό της ξηράς ουσίας στα στελέχη, με μέγιστη τιμή στο μάρτυρα και στα 450 ppm N. Στα φυτά του δεύτερου έτους έγινε συγκομιδή στο στάδιο πριν αναπτυχθεί το στέλεχος και για αυτό το λόγο δεν υπάρχουν οι αντίστοιχες μετρήσεις.

Ενώ στο τρίτο έτος, σε όλα τα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης τα φύλλα παρουσίασαν υψηλότερο ποσοστό ξηράς ουσίας από τα στελέχη, στο πρώτο έτος το ποσοστό ξηράς ουσίας διακυμάνθηκε ανεξάρτητα από το επίπεδο του N (πίνακας 3.1.12). Σημειώνεται ότι τα φυτά του 1^{ου} έτους συγκομίστηκαν σε στάδιο πλήρους ανάπτυξης και τα φύλλα πιθανόν είχαν ήδη αρχίσει να αφυδατώνονται, αυτό εξηγεί το γεγονός ότι το % ξηράς ουσίας είναι αυξημένο σε σχέση με τα φυτά του 2^{ου} και 3^{ου} έτους που συγκομίστηκαν νωρίτερα.

Πίνακας 3.1.12: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στο ποσοστό ξηράς ουσίας (%) σε φύλλα και στελέχη.

ΕΤΟΣ	Λίπανση	Φύλλα	Στελέχη
1	Μάρτυρας (N0)	18,25 b (b)	20,77 a (a)
	150 ppm (N1)	20,43 a (a)	21,56 a (a)
	300 ppm (N2)	21,33 a (a)	15,68 b (b)
	450 ppm (N3)	13,83 c (a)	14,37 b (a)
		Φύλλα	
2	Μάρτυρας (N0)	16,24 bc	
	150 ppm (N1)	14,90 c	
	300 ppm (N2)	16,80 b	
	450 ppm (N3)	19,82 a	
		Φύλλα	Ανθικό Στέλεχος
3	Μάρτυρας (N0)	10,84 b (a)	9,11 a (b)
	150 ppm (N1)	9,36 c (a)	6,67 c (b)
	300 ppm (N2)	10,96 b (a)	8,11 b (b)
	450 ppm (N3)	12,35 a (a)	9,67 a (b)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

3.1. B.2 Ανοιξιάτικη σπορά

Χλωροφύλλη

Στο 1^ο έτος η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, χλωροφύλλης β και της ολικής χλωροφύλλης στα φύλλα (πίνακας 3.1.13) αυξήθηκε μόνο από το μάρτυρα μέχρι στα 150 ppm N, ενώ στις υψηλότερες συγκεντρώσεις N δεν παρατηρήθηκε καμία μεταβολή. Στο δεύτερο έτος η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α παρουσίασε μέγιστη τιμή στα 300 και 450 ppm αζώτου, ενώ η χλωροφύλλη β και η ολική χλωροφύλλη παρουσίασαν μέγιστες τιμές στα 300 ppm N.

Πίνακας 3.1.13: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στην συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, χλωροφύλλης β και ολική χλωροφύλλης στα φύλλα ($\text{mg } 100\text{g νωπού βάρους}^{-1}$).

ΕΤΟΣ	Λίπανση	Χλωροφύλλη α	Χλωροφύλλη β	Ολική χλωροφύλλη
1	Μάρτυρας (N0)	150,86 b	58,58 b	218,22 b
	150 ppm (N1)	200,52 a	105,76 a	306,28 a
	300 ppm (N2)	204,58 a	106,52 a	311,10 a
	450 ppm (N3)	223,54 a	116,60 a	335,57 a
2	Μάρτυρας (N0)	159,07 b	76,34 b	235,41 b
	150 ppm (N1)	164,65 b	73,26 b	244,38 b
	300 ppm (N2)	225,08 a	119,17 a	324,57 a
	450 ppm (N3)	202,27 a	111,25 ab	281,05 ab

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Βιταμίνη C

Η συγκέντρωση της βιταμίνης C στα φύλλα (Πίνακας 3.1.14) μετρήθηκε στο πρώτο έτος όπου παρουσιάστηκε σταδιακή αύξηση με αυξανόμενα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης μέχρι τα 450 ppm αζώτου.

Πίνακας 3.1.14: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στη συγκέντρωση της βιταμίνης C στα φύλλα (mg 100g νωπού βάρους⁻¹).

Λίπανση	1 ^ο ΕΤΟΣ
Μάρτυρας (N0)	72,38 c
150 ppm (N1)	134,00 bc
300 ppm (N2)	160,00 b
450 ppm (N3)	232,14 a

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Φλαβονοειδή

Η συγκέντρωση των φλαβονοειδών ουσιών στα φύλλα (Πίνακας 3.1.15) αναλύθηκε στο 1^ο έτος του πειράματος. Η κουαρσετίνη είχε την υψηλότερη συγκέντρωση όλων των ουσιών σε όλες τις μεταχειρίσεις εκτός από τη λίπανση με 450 ppm N. Η συγκέντρωση των κουαρσετίνη και ισοραμετίνη μειώθηκε στα 450 ppm N, ενώ η συγκέντρωση της καμφερόλης δεν μεταβλήθηκε.

Πίνακας 3.1.15: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στην συγκέντρωση των φλαβονοειδών (mg 100g νωπού βάρους⁻¹).

1 ^ο ΕΤΟΣ			
Λίπανση	Κουαρσετίνη	Καμφερόλη	Ισοραμετίνη
Μάρτυρας (N0)	18,15 a (a)	7,79 a (b)	9,88 a (b)
150 ppm (N1)	14,33 ab (a)	8,79 a (b)	7,92 ab (b)
300 ppm (N2)	15,98 a (a)	8,46 a (b)	10,70 a (b)
450 ppm (N3)	8,67 b (a)	7,38 a (a)	5,25 b (a)

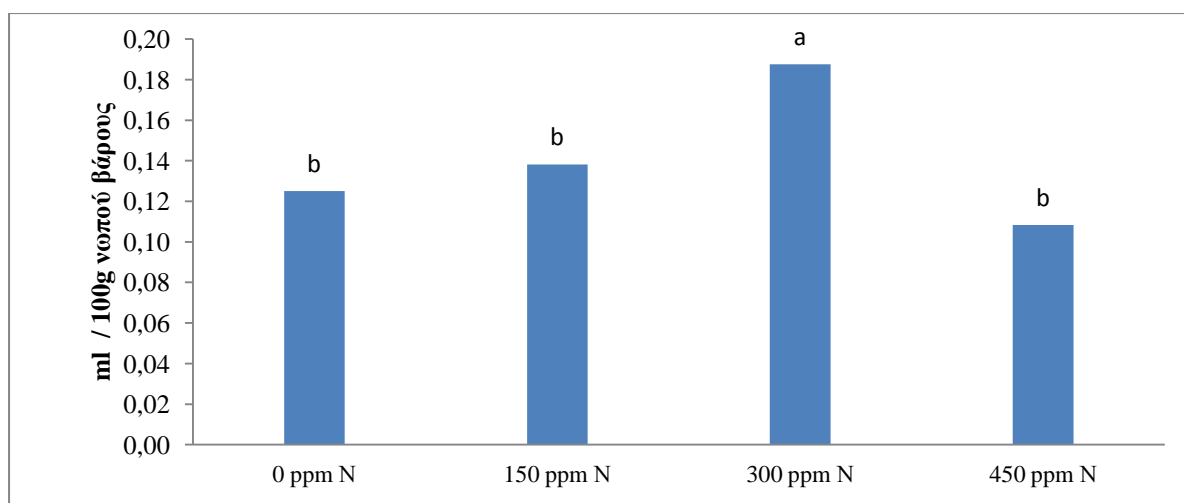
Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Αιθέρια έλαια

Ποσοτική ανάλυση αιθέριων ελαίων

Η ποσότητα των αιθέριων ελαίων που απομονώθηκε με απόσταξη από τα φύλλα (Σχήμα 3.1.2) εμφάνισε σημαντική αύξηση στη λίπανση με 300 ppm N στο πρώτο έτος, όπως και στο δεύτερο έτος όπου δεν πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση λόγω έλλειψης φυτικού ιστού.



Σχήμα 3.1.2: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στην ποσοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων (ml 100g νωπού βάρους⁻¹).

Ποιοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων

Τα κύρια συστατικά του αιθέριου ελαίου που απομονώθηκε με απόσταξη από τα φύλλα ήταν α-φελλανδρένιο, β-φελλανδρένιο και ανηθοφουράνιο (Πίνακας 3.1.16). Η συγκέντρωση του π-κυμένιο και β-πινένιο ήταν υψηλότερη στα 450 και 300 ppm N αντίστοιχα, ενώ οι υπόλοιπες ενώσεις διακυμάνθηκαν αλλά δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από το επίπεδο του αζώτου.

Πίνακας 3.1.16: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στην ποιοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων (ml 100g νωπού βάρους⁻¹).

A/A	Oil composition	R.T.	50 ppm	150 ppm	300 ppm	450 ppm
1	α- θουγένιο	8,1	0,07 ab	0,08 a	0,87 a	0,025 b
2	α- πινένιο	8,37	0,91 a	0,93 a	0,99 a	0,92 a
3	β-πινένιο	9,9	0,026 b	0,05 b	0,08 a	*n,d
4	μυρκένιο	10,4	0,23 a	0,28 a	0,22 a	0,32 a
5	α-φελλανδρένιο	11,5	72,03 a	73,24 a	73,27 a	71,14 a
6	π-κυμένιο	11,9	1,26 b	0,99 b	0,11 c	2,16 a
7	β-φελλανδρένιο	12,3	9,27 b	10,50 ab	10,64 a	9,57 ab
8	Ανηθοφουράνιο	19,5	14,08 a	12,68 a	13,17 a	15,54 a

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

*nd: μη προσδιορισμός της ουσίας λόγω έλλειψης δειγμάτων.

Νιτρικά

Κατά τον πρώτο χρόνο του πειράματος η συγκέντρωση των νιτρικών (πίνακας 3.1.17) στα φύλλα αυξήθηκε σταδιακά με την αύξηση του επιπέδου αζωτούχου λίπανσης, ενώ στα στελέχη αυξήθηκε μόνο από το μάρτυρα μέχρι τα 150 ppm N. Στο δεύτερο έτος

παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών στα φύλλα στα 300 και 450 ppm N, ενώ στα στελέχη αυξανόταν συνεχώς με την αύξηση της αζωτούχο λίπανσης.

Συγκρίνοντας τη συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα και τα στελέχη καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι και στα δυο έτη η συγκέντρωση νιτρικών ήταν υψηλότερη στα στελέχη στα χαμηλά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (με στατιστικά σημαντική διαφορά το δεύτερο έτος) και υψηλότερη στα φύλλα στα υψηλά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (Πίνακας 3.1.17).

Πίνακας 3.1.17: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στη συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα και στελέχη (mg 100g νωπού βάρους⁻¹).

Λίπανση	1 ^ο ΕΤΟΣ		2 ^ο ΕΤΟΣ	
	Φύλλα	Στελέχη	Φύλλα	Στελέχη
Μάρτυρας (N0)	163,10 c (a)	378,63 b (a)	6,42 b (b)	39,94 d (a)
150 ppm (N1)	598,81 b (a)	623,12 a (a)	49,31 b (b)	197,30 c (a)
300 ppm (N2)	680,65 b (a)	626,48 a (a)	513,40 a (a)	373,80 b (b)
450 ppm (N3)	1013,38 a (a)	785,26 a (b)	601,34 a (a)	520,25 a (b)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

% Ξηράς ουσίας

Το ποσοστό ξηράς ουσίας στα φύλλα και τα στελέχη κυμάνθηκε μεταξύ 13-17% και 9-12% αντίστοιχα ανεξάρτητα από το επίπεδο αζωτούχου λίπανσης (Πίνακας 3.1.18). Τόσο το πρώτο όσο και το δεύτερο έτος το ποσοστό ξηράς ουσίας ήταν μεγαλύτερο στα φύλλα σε σχέση με τα στελέχη.

Πίνακας 3.1.18: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στο ποσοστό της ξηράς ουσίας (%) σε φύλλα και στελέχη.

Λίπανση	1 ^ο ΕΤΟΣ		2 ^ο ΕΤΟΣ	
	Φύλλα	Στελέχη	Φύλλα	Στελέχη
Μάρτυρας (N0)	14,89 b (a)	11,42 a (b)	17,44 a (a)	11,74 a (b)
150 ppm (N1)	15,73 ab (a)	10,92 a (b)	17,07 a (a)	11,30 ab (b)
300 ppm (N2)	16,02 a (a)	9,60 b (b)	16,56 a (a)	9,67 b (b)
450 ppm (N3)	15,29 ab (a)	9,68 b (b)	12,97 b (a)	12,21 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Αναλύσεις του υποστρώματος

Στο τέλος της καλλιέργειας στις δυο εποχές του κάθε έτους πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία του υποστρώματος ώστε να προσδιοριστούν τυχόν αλλαγές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ανάλογα με το επίπεδο της αζωτούχου λίπανσης. Σε όλες τις

καλλιέργειες παρατηρήθηκε σχετική μείωση του pH με παράλληλη αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (Πίνακας 3.1.19).

Πίνακας 3.1.19: Επίδραση της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου στην τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC).

Λίπανση	Φθινοπωρινή σπορά (Έτη 1-3)		Ανοιξιάτικη σπορά (Έτη 1-2)	
	pH	EC (mS)	pH	EC (mS)
Μάρτυρας (N0)	6,88	0,33	6,47	0,65
150 ppm (N1)	6,17	0,69	6,41	0,69
300 ppm (N2)	5,36	1,76	6,19	0,86
450 ppm (N3)	5,05	2,11	5,91	1,54

Συμπεράσματα

Επίδραση N στην ανάπτυξη των φυτών

Τόσο το φθινόπωρο όσο και την άνοιξη η αύξηση της συγκέντρωσης του αζώτου έως 300 ppm προκάλεσε αύξηση του νωπού βάρους του φυτού. Το φθινόπωρο η αύξηση του βάρους φαίνεται να οφείλεται στην αύξηση του αριθμού των φύλλων ανά φυτό, ενώ το ύψος των φυτών είτε μειώνεται είτε δεν επηρεάζεται από το N. Την άνοιξη, ο αριθμός των φύλλων δεν επηρεάζεται από την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης, ενώ το ύψος των φυτών είτε μειώνεται (2^ο έτος) είτε δεν επηρεάζεται (1^ο έτος). Ωστόσο, καθοριστικό ρόλο παίζει η διάρκεια της καλλιέργειας και η έναρξη ή όχι της άνθησης. Για παράδειγμα, στο 1^ο έτος το μεγαλύτερο μέγεθος (ύψος, βάρος και αριθμός φύλλων) οφείλεται στο μεγαλύτερο στάδιο ανάπτυξης και το σχηματισμό ανθικών στελεχών μέχρι τη συγκομιδή και στις δύο εποχές.

Επίδραση N στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών

Η συγκέντρωση του N επηρέασε την ένταση του πράσινου χρώματος των φυτών όπως διαπιστώθηκε από τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης (α, β και ολικής) στα φύλλα. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης αυξήθηκε σημαντικά με την αύξηση του N από 50 (μάρτυρα) έως 150 ppm σε όλα τα έτη και στις δυο εποχές. Στα υψηλότερα επίπεδα N η συγκέντρωση της χλωροφύλλης είτε αυξάνεται ακόμη έως στα 300 ή 450 ppm N (π.χ. στη φθινοπωρινή και ανοιξιάτικη καλλιέργεια του 2^{ου} έτους) είτε δεν αλλάζει σημαντικά (στις δυο καλλιέργειες του 1^{ου} έτους).

Η συγκέντρωση της βιταμίνης C αυξήθηκε τόσο το φθινόπωρο όσο και την άνοιξη μέχρι τα 450 ppm N με εξαίρεση τη φθινοπωρινή καλλιέργεια του 3^{ου} έτους όπου η μέγιστη συγκέντρωση της βιταμίνης C παρατηρήθηκε στο επίπεδο των 150 ppm N.

Κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου του 3^{ου} έτους προσδιορίστηκε η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ουσιών και των

καροτενοειδών. Από τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών μειώθηκε μετά τα 300 ppm N ενώ τα καροτενοειδή εμφάνισαν μέγιστη συγκέντρωση στα 300 ppm N.

Μελετώντας τη σύγκριση των φλαβονοειδών καταλήγουμε ότι η ισοραμετίνη αποτελεί την κύρια μορφή το φθινόπωρο και η κουαρσετίνη την άνοιξη. Το φθινόπωρο οι συγκεντρώσεις των κουαρσετίνη και ισοραμετίνη μειώθηκαν σταδιακά με την αύξηση της N-λίπανσης, ενώ την άνοιξη μείωση αυτών των δυο ουσιών σημειώθηκε μόνο στα 450 ppm N. Η συγκέντρωση της καμφερόλης δεν επηρεάστηκε από το επίπεδο N στις δυο εποχές.

Η συγκέντρωση των αιθέριων ελαίων στα φύλλα ήταν πολύ μικρή στις φθινοπωρινές καλλιέργειες του 2^{ου} και 3^{ου} έτους και κάτω από το όριο μέτρησης. Συγκρίνοντας την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ποσοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων στο πρώτο έτος διαπιστώνεται θετική επίδραση του N (450 ppm) σε σχέση με τα χαμηλότερα επίπεδα αζώτου, ενώ δεν υπήρξε μάρτυρας. Την άνοιξη η συγκέντρωση των αιθέριων ελαίων αυξήθηκε στα 450 ppm στο 1^ο έτος στα 300 ppm N το 2^ο έτος. Στην ποιοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων το φθινόπωρο, φαίνεται μια αύξηση της συγκέντρωσης του α-φελλανδρενίου και π-κυμενίου στα 300 και 450 ppm N αντίστοιχα. Την άνοιξη, σε όλες τις ουσίες εκτός από το α-θουγένιο, το β-πινένιο, το β-φελλανδρένιο οι οποίες παρουσίασαν μέγιστη σχετική συγκέντρωση στα 300 ppm N, και το π-κυμένιο στα 450ppm, δεν παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση του αζώτου στις αναλογίες των συστατικών του αιθέριου ελαίου.

Η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα και τα στελέχη και στις δύο εποχές παρουσίασε μέγιστη τιμή στα 300 και 450 ppm N. Η συγκέντρωση νιτρικών ήταν μεγαλύτερη στα στελέχη στα κατώτερα επίπεδα N (50-150 ppm N) και στα φύλλα στα 300-450 ppm N αν και όχι πάντοτε σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο.

Σε αντίθεση, το % ξηράς ουσίας δεν παρουσίασε συγκεκριμένη σχέση με το επίπεδο N είτε το φθινόπωρο είτε την άνοιξη με εξαίρεση το πρώτο έτος όπου το % ξηράς ουσίας μειώθηκε στα στελέχη στα 300-450 ppm N και στις δυο εποχές. Στις περισσότερες περιπτώσεις το % ξηράς ουσίας ήταν μεγαλύτερο στα φύλλα σε σχέση με τα στελέχη.

Αλλαγές στο pH και στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του υποστρώματος

Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων παρατηρήθηκε μείωση του pH και αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του υποστρώματος ανάλογα με την αύξηση της συγκέντρωσης του N στη λίπανση. Οι αλλαγές σε αυτές τις δυο παραμέτρους ήταν μεγαλύτερες το φθινόπωρο εξαιτίας της μεγαλύτερης διάρκειας της καλλιέργειας εκείνη την εποχή.

Συμπερασματικά καταλήγουμε ότι για αυξημένη παραγωγή βιομάζας άνηθου και στις δύο εποχές ιδανική λίπανση είναι τα 300 ppm N, αλλά το φθινόπωρο η βιομάζα των φυτών είναι πολύ πιο αυξημένη σε σχέση με την άνοιξη διότι η έναρξη της άνθησης γίνεται αργότερα οπότε ο βιολογικός κύκλος του φυτού είναι μεγαλύτερος έως τη συγκομιδή, ενώ παράλληλα η ανάπτυξη των φυτών σε υψηλές θερμοκρασίες την άνοιξη είναι φτωχή. Παράλληλα, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως η χλωροφύλλη, η βιταμίνη C και τα καροτενοειδή αυξάνονται στα 300 και 450 ppm N.

Ενώ στα 300 ppm N το φθινόπωρο η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα και στα στελέχη (με μια εξαίρεση) ήταν κάτω από το όριο ασφαλείας για την ανθρώπινη υγεία που προσδιορίζεται για μαρούλι ($3500-4500 \text{ mg kg}^{-1}$), την άνοιξη η συγκέντρωση των νιτρικών ήταν πιο αυξημένη ώστε να είναι κάτω από το όριο ασφαλείας μόνο στα 50 ppm το 1^ο έτος και τα 50-150 ppm N το 2^ο έτος.

Συνεπώς, για μέγιστη παραγωγή άνηθου με υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά (χλωροφύλλη, αντιοξειδωτικά και αιθέρια έλαια) προτείνεται η εφαρμογή 300 ppm N το φθινόπωρο διότι ακόμη και αν η συγκέντρωση των νιτρικών αυξάνεται είναι χαμηλότερη από το όριο ασφαλείας για την ανθρώπινη υγεία, ενώ για περιορισμό της συγκέντρωσης των νιτρικών στα φύλλα κατά την ανοιξιάτικη καλλιέργεια προτείνεται η εφαρμογή 150 ppm N.

3.2. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου παραγομένου σε 4 επίπεδα αζωτούχου λίπανσης και σε δυο εποχές σποράς κατά την αποθήκευση

Μετά τη συγκομιδή το φύλλωμα του άνηθου αφυδατώνεται με ραγδαίο ρυθμό και στον αέρα δε μπορεί να αποθηκευτεί για περισσότερο από μία με δύο ημέρες χωρίς σημαντική απώλεια νερού και βάρους. Για το λόγο αυτό, στα πειράματα που αφορούν την αποθήκευση μετά τη συγκομιδή ο άνηθος μεταφέρθηκε αμέσως στο εργαστήριο και αποθηκεύτηκε σε κλειστές συσκευασίες σε μειωμένες θερμοκρασίες. Στο 1^ο και 2^ο έτος, το υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν λεπτό φιλμ πολυβινυλίου τύπου “Cling” με διαπερατότητα σε οξυγόνο $19000 \text{ cm}^{-3} \text{ m}^{-2} \text{ 24h}^{-1}$ και υδρατμούς $190 \text{ g m}^{-2} \text{ 24h}^{-1}$, ενώ στο τρίτο έτος χρησιμοποιήθηκαν σακούλες από αδιαπέραστο πλαστικό οι οποίες έκλειναν αεροστεγώς.

3.2.1. Αποθήκευση σε διαπερατό πλαστικό φιλμ τύπου “Cling”

3.2.1.A. Φθινοπωρινή σπορά

Απώλεια βάρους

Εξαιτίας της μεγάλης διαπερατότητας του φιλμ τύπου “Cling” σε υδρατμούς, η απώλεια νερού και βάρους ήταν σχετικά μεγάλη. Για παράδειγμα, το πρώτο έτος η μέση

απώλεια βάρους ήταν 24, 29 και 32% (στους 0,5, 5 και 10°C αντίστοιχα) μετά από μία εβδομάδα και αυξανόταν σε 42, 47 και 51% αντίστοιχα μετά από δύο εβδομάδες ανεξάρτητα από την αζωτούχου λίπανση. Στο δεύτερο έτος του πειράματος η απώλεια βάρους ήταν εξίσου μεγάλη και κυμάνθηκε μεταξύ 23 και 40% (0,5-10°C) την πρώτη εβδομάδα και 37-70% (0,5-10°C) την δεύτερη ανεξάρτητα από το επίπεδο αζωτούχου λίπανσης.

Εξαιτίας της έντονης αφυδάτωσης τα φύλλα κρίθηκαν μη εμπορεύσιμα για νωπή κατανάλωση την δεύτερη εβδομάδα αποθήκευσης. Γι' αυτό μόνο τα αποτελέσματα της 1^{ης} εβδομάδας αποθήκευσης παρουσιάζονται εδώ.

Χλωροφύλλη

Όπως διαπιστώθηκε στο κεφάλαιο 3.1. η συγκέντρωση της χλωροφύλλης (α, β και ολικής) κατά τη συγκομιδή αυξήθηκε με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης και από τον πίνακα 3.2.1 προκύπτει ότι αυτή η διαφορά διατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία τόσο στο 1^ο όσο και το 2^ο έτος. Επειδή το σκούρο πράσινο χρώμα του φυλλώματος του άνηθου αποτελεί σημαντική ένδειξη της ποιότητάς του, η διατήρηση της χλωροφύλλης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης έχει μεγάλη σημασία. Σε κάθε περίπτωση η συγκέντρωση της χλωροφύλλης (α, β και ολικής) ήταν σημαντικά υψηλότερη στα 150-450 ppm N σε σχέση με το μάρτυρα (50 ppm N), ενώ συνήθως μεταξύ των επιπέδων 150, 300 και 450 ppm N δεν προέκυψαν διαφορές, όπως και πριν την αποθήκευση. Στο μάρτυρα η απώλεια της χλωροφύλλης (α, β και ολικής) κατά την αποθήκευση ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην υψηλότερη θερμοκρασία (10°C), ενώ στα φύλλα που προέρχονταν από τα υψηλότερα επίπεδα N-λίπανσης η επίδραση της θερμοκρασίας δεν ήταν σαφής. Σε μερικές περιπτώσεις μειώθηκε η συγκέντρωση της χλωροφύλλης, σε άλλες όμως αυξήθηκε πιθανόν εξαιτίας της υψηλής απώλειας νερού.

Πίνακας 3.2.1: Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, β και ολικής (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης και συσκευασμένα σε φιλμ τύπου “Cling” κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για μια εβδομάδα σε τρεις θερμοκρασίες.

	1° ΕΤΟΣ				2° ΕΤΟΣ			
	Αρχική τιμή	0.5°C	5°C	10°C	Αρχική τιμή	0.5°C	5°C	10°C
Χλωροφύλλη α								
Μάρτυρας (N0)	134,84 b (a)	93,24 b (b)	84,82 b (b)	70,31 c (c)	78,40 c (a)	60,39 c (b)	64,79 b (b)	12,76 b (c)
150 ppm (N1)	217,50 a (b)	237,39 a (ab)	247,10 a (a)	233,84 a (ab)	165,40 a (a)	168,87 b (a)	184,43 a (a)	185,76 a (a)
300 ppm (N2)	221,12 a (a)	216,84 a (a)	237,46 a (a)	235,17 a (a)	139,62 b (b)	195,34 b (ab)	237,70 a (a)	187,47 a (ab)
450 ppm (N3)	220,13 a (a)	225,13 a (a)	238,04 a (a)	127,45b (b)	164,14 a (b)	244,76 a (a)	215,00 a (a)	195,28 a (ab)
Χλωροφύλλη β								
Μάρτυρας (N0)	53,17 b (a)	38,73 b (b)	35,87 c (ab)	30,35 b (c)	22,81 c (b)	29,45 b (a)	32,87 b (a)	11,93 b (c)
150 ppm (N1)	105,86 a (c)	135,00 a (bc)	197,15 a (a)	148,05 ab (b)	59,22 b (b)	80,18 a (a)	90,07 a (a)	89,80 a (a)
300 ppm (N2)	109,08 a (b)	120,72 a (ab)	151,21 b (a)	131,26 ab (ab)	63,24 b (b)	95,47 a (ab)	122,44 a (a)	84,57 a (ab)
450 ppm (N3)	114,88 a (b)	119,07 a (b)	132,48 b (b)	269,92 a (a)	73,82 a (b)	112,97 a (a)	107,73 a (a)	85,27 a (ab)
Χλωροφύλλη ολική								
Μάρτυρας (N0)	188,01 b (a)	131,97 b (b)	120,69 c (b)	100,66 b (c)	101,22 c (a)	89,85 c (b)	97,66 b (ab)	24,69 b (c)
150 ppm (N1)	323,35 a (c)	372,38 a (bc)	444,24 a (a)	381,89 a (ab)	224,62 ab (a)	249,05 b (a)	274,50 a (a)	275,56 a (a)
300 ppm (N2)	330,20 a (ab)	337,56 a (ab)	388,67 b (a)	366,43 a (ab)	202,86 b (b)	290,81 ab (ab)	360,14 a (a)	272,038 a (ab)
450 ppm (N3)	335,01 a (b)	344,20 a (ab)	370,52 b (a)	397,37 a (ab)	237,95 a (c)	357,73 a (a)	322,73 a (ab)	280,55 a (bc)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε παράγοντα χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής για κάθε έτος χωριστά.

Βιταμίνη C

Από τον πίνακα 3.2.2 προκύπτει ότι κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης στο δεύτερο έτος υπήρξε μια σταδιακή πτώση στη συγκέντρωση της βιταμίνης C στα φύλλα της μεταχείρισης N1 (150 ppm N) όπως αυξανόταν η θερμοκρασία αποθήκευσης, αλλά όχι στα υψηλότερα επίπεδα N. Μεταξύ επιπέδων N προέκυψε μεγαλύτερη μείωση στα φύλλα του N1 στους 5 και 10°C σε σχέση με αυτά των N2 (300 ppm N) και N3 (450 ppm N).

Πίνακας 3.2.2: Η συγκέντρωση της βιταμίνης C (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τρεις θερμοκρασίες.

Λίπανση	2 ^ο ΕΤΟΣ			
	Αρχική τιμή	0.5°C	5°C	10°C
Μάρτυρας (N0)	79,75 c	* nd	* nd	* nd
150 ppm (N1)	132 b (a)	96,3 a (ab)	53,7 b (b)	37,5 b (b)
300 ppm (N2)	125 b (a)	134,2 a (a)	121,2 a (a)	130,9 a (a)
450 ppm (N3)	165,9 a (a)	211,5 a (a)	128,3 a (a)	132,7 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

*nd: μη προσδιορισμός της ουσίας λόγω έλλειψης δειγμάτων.

Νιτρικά

Η συγκέντρωση νιτρικών στα φύλλα του άνηθου κατά τη συγκομιδή αυξήθηκαν με την αύξηση της συγκέντρωσης αζώτου στην N-λίπανση και η αύξηση αυτή παρέμενε σημαντική κατά τη διάρκεια της αποθήκης (πίνακας 3.2.3). Στο πείραμα του 1^{ου} έτους δεν παρατηρήθηκε σημαντική αλλαγή στη συγκέντρωση νιτρικών σε σχέση με τη θερμοκρασία, ενώ αυξημένες τιμές (π.χ. στα φύλλα από τη μεταχείριση N3 στους 0,5°C) πιθανόν σχετίζονται με την απώλεια της υγρασίας κατά την αποθήκευση.

Παρομοίως κατά το 2^ο έτος οι αυξήσεις στις συγκεντρώσεις των νιτρικών που παρατηρήθηκαν κατά την αποθήκευση σε όλα τα επίπεδα N (πλην του μάρτυρα οπού υπήρξε μείωση) πιθανόν επίσης να σχετίζονται με την απώλεια νερού, ενώ σε κάθε περίπτωση σημειώθηκε σημαντική αύξηση στα νιτρικά μεταξύ N0 και N1-N3.

Πίνακας 3.2.3: Η συγκέντρωση των νιτρικών (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τρεις θερμοκρασίες.

1 ^ο ΕΤΟΣ				
Λίπανση	Αρχική τιμή	0.5°C	5°C	10°C
Μάρτυρας (N0)	51,52 c	* nd	* nd	* nd
150 ppm (N1)	123,75 c (a)	98,06 c (a)	99,73 c (a)	103,14 c (a)
300 ppm (N2)	278,96 b (a)	441,91 b (a)	339,95 b (a)	551,63 b (a)
450 ppm (N3)	435,74 a (b)	963,90 a (a)	528,93 a (b)	582,12 a (b)
2 ^ο ΕΤΟΣ				
Λίπανση	Αρχική τιμή	0.5°C	5°C	10°C
Μάρτυρας (N0)	34,38 c (b)	10,30 b (c)	23,33 b (bc)	72,00 b (a)
150 ppm (N1)	116,52 b (b)	551,27 a (a)	680,90 a (a)	567,05 a (a)
300 ppm (N2)	290,38 a (b)	435,31 a (ab)	625,24 a (a)	537,65 a (a)
450 ppm (N3)	277,80 a (a)	350,75 a (a)	522,72 a (a)	545,25 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

* nd: μη προσδιορισμός της ουσίας λόγω έλλειψης δειγμάτων.

Ξηρά ουσια

Εξαιτίας της υψηλής διαπερατότητας του φιλμ τυπου “Cling” σε υδρατμούς το ποσοστό της ξηράς ουσίας αυξήθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ως αποτέλεσμα της απώλειας υγρασίας, όπως αναφέρεται προηγουμένως. Συνεπώς μετά από μια εβδομάδα αποθήκευσης το ποσοστό της ξηράς κυμάνθηκε στο 19-25% (1^ο έτος) και 17-24% (2^ο έτος) χωρίς διαφοροποίηση εξαιτίας της συγκέντρωσης N ή της θερμοκρασίας αποθήκευσης.

3.2.1.B. Ανοιξιάτικη σπορά

Απώλεια βάρους

Εξαιτίας της μεγάλης διαπερατότητας του φιλμ τύπου “Cling” σε υδρατμούς, η απώλεια νερού και βάρους ήταν σχετικά μεγάλη και την άνοιξη. Για παράδειγμα, η μέση απώλεια βάρους ήταν 14, 15 και 19% (στους 0,5, 5 και 10°C αντίστοιχα) μετά από μία εβδομάδα και αυξανόταν σε 25, 28 και 31% αντίστοιχα μετά από δύο εβδομάδες ανεξάρτητα από την αζωτούχου λίπανση. Για το λόγο αυτό το συγκεκριμένο φιλμ χρησιμοποιήθηκε για τη συσκευασία και αποθήκευση του άνηθου μόνο στο πρώτο έτος.

Χλωροφύλλη

Κατά την αποθήκευση του άνηθου στους 0,5°C για μια ή δυο εβδομάδες δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλλαγή στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης, ενώ στους 10°C προέκυψε σημαντική απώλεια χλωροφύλλης (α, β και ολικής) τόσο την πρώτη όσο και τη δεύτερη εβδομάδα ανεξάρτητα από το επίπεδο N-λίπανσης. Στους 10°C επίσης η μείωση της χλωροφύλλης ήταν μεγαλύτερη στις χαμηλότερες συγκεντρώσεις N στη λίπανση σε σχέση με το επίπεδο των 450 ppm, ενώ στους 0,5°C προέκυψαν μικρές διαφορές στη χλωροφύλλη (κυρίως μεταξύ του μάρτυρα και των υπόλοιπων συγκεντρώσεων N) μόνο πριν την αποθήκευση. Στην ενδιάμεση θερμοκρασία των 5°C σημειώθηκε μείωση στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης στον άνηθο που καλλιεργήθηκε στην υψηλή συγκέντρωση N (450 ppm). Η μείωση ήταν μεγαλύτερη την 1^η εβδομάδα και όχι τη 2^η πιθανόν εξαιτίας του μεγαλύτερου ρυθμού απώλειας νερού και νωπού βάρους την 1^η εβδομάδα. Στον άνηθο που προερχόταν από τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις N δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διακυμάνσεις στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, ενώ οι διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ επιπέδων N αμέσως μετά τη συγκομιδή είχαν εκλείψει μέχρι τη δεύτερη εβδομάδα αποθήκευσης (πίνακας 3.2.4). Μεταξύ των θερμοκρασιών αποθήκευσης διαπιστώθηκε ότι ανεξάρτητα από τη διάρκεια αποθήκευσης και την N-λίπανση η συγκέντρωση της χλωροφύλλης (α, β και ολική) ήταν σημαντικά μικρότερη στους 10°C σε σχέση με τους 0,5 και 5°C.

Πίνακας 3.2.4: Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, β και ολικής (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης και συσκευασμένα σε φιλμ τύπου “Cling” κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για 1 και 2 εβδομάδες σε τρεις θερμοκρασίες.

Λίπανση	Χλωροφύλλη α			Χλωροφύλλη β			Χλωροφύλλη ολική		
	0,5°C								
	Αρχική τιμή	1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα	Αρχική τιμή	1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα	Αρχική τιμή	1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (N0)	150,86c (a)	162,89a (a)	176,15a (a)	58,58b (a)	77,09a (a)	86,17a (a)	218,22b (a)	239,99a (a)	262,32a (a)
150 ppm (N1)	200,52b (a)	175,97a (a)	200,81a (a)	105,76a (a)	87,40a (a)	104,37a (a)	306,28a (a)	263,38a (a)	305,18a (a)
300 ppm (N2)	204,58ab (a)	191,92a (a)	188,93a (a)	106,52a (a)	99,52a (a)	100,98a (a)	311,10a (a)	291,44a (a)	289,90a (a)
450 ppm (N3)	223,54a (a)	185,11a (a)	185,52a (a)	116,60a (a)	94,26a (a)	94,40a (a)	335,57a (a)	279,37a (a)	279,92a (a)
5°C									
Μάρτυρας (N0)	150,86c (a)	163,37ab (a)	178,45a (a)	58,58b (a)	76,10a (a)	88,13a (a)	218,22b (a)	239,47ab (a)	266,58a (a)
150 ppm (N1)	200,52b (a)	164,90ab (a)	207,40a (a)	105,76a (a)	83,19a (a)	107,02a (a)	306,28a (a)	248,09ab (a)	314,42a (a)
300 ppm (N2)	204,58ab (a)	190,89a (a)	195,02a (a)	106,52a (a)	95,29a (a)	99,02a (a)	311,10a (a)	286,18a (a)	294,04a (a)
450 ppm (N3)	223,54a (a)	143,56b (c)	192,97a (b)	116,60a (a)	81,71a (b)	99,14a (c)	335,57a (a)	225,27b (c)	292,10a (b)
10°C									
Μάρτυρας (N0)	150,86c (a)	47,71b (b)	33,26c (b)	58,58b (a)	26,88a (a)	19,70b (a)	218,22b (a)	74,59b (b)	52,96c (b)
150 ppm (N1)	200,52b (a)	63,17b (b)	75,41b (b)	105,76a (a)	43,54a (b)	36,60ab (b)	306,28a (a)	93,08b (b)	112,00ab (b)
300 ppm (N2)	204,58ab (a)	54,58b (b)	97,09a (b)	106,52a (a)	41,48a (b)	42,92a (b)	311,10a (a)	79,78 b (b)	140,01a (b)
450 ppm (N3)	223,54a (a)	86,83a (b)	57,38b (c)	116,60a (a)	40,04a (b)	29,21ab (b)	335,57a (a)	126,87a (b)	86,60bc (c)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής και για κάθε παράγοντα χωριστά.

Μεταξύ θερμοκρασιών διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης (α, β και ολική) των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στους 5 και 10°C και στους 0 και 10°C με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05) τόσο την 1^η όσο και τη 2^η εβδομάδα.

Βιταμίνη C

Στους 0,5 και 5°C η συγκέντρωση της βιταμίνης C δεν παρουσίασε σημαντική μεταβολή κατά την πρώτη και δεύτερη εβδομάδα αποθήκευσης, ενώ οι διαφορές στη συγκέντρωση της βιταμίνης C στο στάδιο συγκομιδής (αρχικές τιμές) που οφείλονταν στη συγκέντρωση της αζωτούχου λίπανσης δεν διατηρήθηκαν σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο κατά την αποθήκευση (πίνακας 3.2.5). Σε αντίθεση, στους 10°C προέκυψε σημαντική μείωση της συγκέντρωσής της βιταμίνης C τη 2^η εβδομάδα αποθήκευσης στα φύλλα από την επέμβαση με 150 ppm N, αλλά όχι στα άλλα επίπεδα N. Με την αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης από 0,5 και 5°C στους 10°C στο N0 και το N2 μειώθηκε η συγκέντρωση της βιταμίνης C ανεξάρτητα από τη διάρκεια αποθήκευσης, ενώ στο N1 η διαφορά ήταν σημαντική μόνο τη δεύτερη εβδομάδα. Στην υψηλή συγκέντρωση αζώτου δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης.

Πίνακας 3.2.5: Η συγκέντρωση της βιταμίνης C (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τρεις θερμοκρασίες.

Λίπανση	Αρχική τιμή	T0 (0,5°C)	
		1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (N0)	72,38 c	- [†]	- [†]
150 ppm (N1)	134,00 bc (a)	121,67 a (a)	- [†]
300 ppm (N2)	160,00 b (b)	122,22 a (a)	248,33 a (a)
450 ppm (N3)	232,14 a (a)	173,33 a (a)	212,22 a (a)
Λίπανση	Αρχική τιμή	T5 (5°C)	
		1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (N0)	72,38 c (b)	275,00- ab (a)	275,00 a (a)
150 ppm (N1)	134,00 bc (a)	212,78 ab (a)	210,00 a (a)
300 ppm (N2)	160,00 b (a)	- [†]	254,33 a (a)
450 ppm (N3)	232,14 a (a)	143,89 b (a)	202,22 a (a)
Λίπανση	Αρχική τιμή	T10 (10°C)	
		1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (N0)	72,38 c (a)	78,89 c (a) *	86,67 b (a) *
150 ppm (N1)	134,00 bc (a)	128,33 b (a)	90,00 b (b) *
300 ppm (N2)	160,00 b (b)	346,11 a (a) *	130,56 a (b) *
450 ppm (N3)	232,14 a (a)	160,83 b (a)	86,67 b (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

[†]Μετρήσεις δεν πραγματοποιήθηκαν λόγω έλλειψης φυτικού ιστού (μάρτυρας) και λόγω υψηλής απώλειας νερού (>40% απώλεια ν.β.).

Νιτρικά

Από τον πίνακα 3.2.6 διαπιστώνεται ότι η συγκέντρωση νιτρικών στα φύλλα στο στάδιο συγκομιδής δεν επηρεάστηκε στη συνέχεια από τη διάρκεια της αποθήκευσης ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία. Παράλληλα, η σχετική αύξηση στις αρχικές τιμές των νιτρικών ανάλογα με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης διατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης στους 0,5°C και 10°C, ενώ στους 5°C δεν παρατηρήθηκε καμία μεταβολή μετά από αποθήκευση για μια ή δυο εβδομάδες. Μεταξύ των θερμοκρασιών αποθήκευσης δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές παρά μόνο στη δεύτερη εβδομάδα αποθήκευσης στα 300 ppm N μεταξύ της χαμηλότερης και υψηλότερης θερμοκρασίας.

Πίνακας 3.2.6: Η συγκέντρωση των νιτρικών (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τρεις θερμοκρασίες.

Λίπανση	Αρχική τιμή	0,5°C	
		1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (N0)	163,10 c (a)	191,86 b (a)	219,40 b (a)
150 ppm (N1)	598,81 b (a)	472,28 ab (a)	472,07 ab (a)
300 ppm (N2)	680,65 b (a)	732,69 a (a)	708,53 ab (a) *
450 ppm (N3)	1013,38 a (a)	- [†]	1081,61 a
Λίπανση	Αρχική τιμή	5°C	
		1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (N0)	163,10 c (a)	373,21 a (a)	354,24 a (a)
150 ppm (N1)	598,81 b (a)	478,58 a (a)	405,97 a (a)
300 ppm (N2)	680,65 b (a)	724,88 a (a)	585,55 a (a)
450 ppm (N3)	1013,38 a (a)	- [†]	782,95 a
Λίπανση	Αρχική τιμή	10°C	
		1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (N0)	163,10 c (a)	167,13 b (a)	113,08 c (a)
150 ppm (N1)	598,81 b (a)	568,14 a (a)	379,77 bc (a)
300 ppm (N2)	680,65 b (a)	709,61 a (a)	530,16 b (a)
450 ppm (N3)	1013,38 a (a)	- [†]	1081,10 a

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά.

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

[†]Μετρήσεις δεν πραγματοποιήθηκαν λόγω έλλειψης φυτικού ιστού.

Ξηρά ουσια

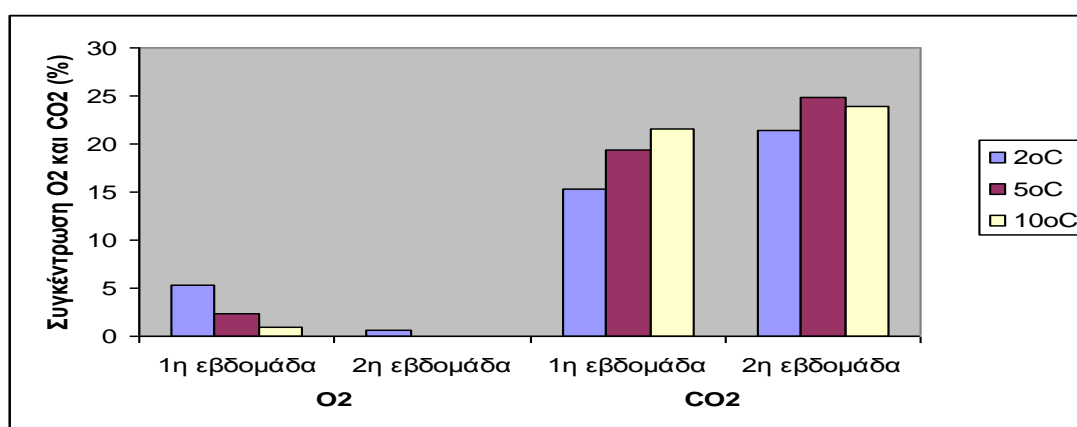
Εξαιτίας της υψηλής διαπερατότητας του φιλμ τυπου “Cling” σε υδρατμούς το ποσοστό της ξηράς ουσίας αυξήθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ως αποτέλεσμα της απώλειας υγρασίας, όπως αναφέρεται προηγουμένως. Συνεπώς μετά από μια εβδομάδα αποθήκευσης το ποσοστό της ξηράς ουσίας κυμάνθηκε στο 18-21% (1^ο έτος) και 19-25% (2^ο έτος) χωρίς διαφοροποίηση εξαιτίας της συγκέντρωσης N ή της θερμοκρασίας αποθήκευσης.

3.2.2. Αποθήκευση σε αδιαπέραστο πλαστικό

3.2.2.A. Φθινοπωρινή σπορά

Απώλεια βάρους και αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία

Για την αποθήκευση των δειγμάτων στο 3^ο έτος χρησιμοποιήθηκαν σακούλες από αδιαπέραστο πλαστικό οι οποίες έκλειναν αεροστεγώς. Η αλλαγή αυτή έγινε επειδή στα δύο προηγούμενα έτη η απώλεια υγρασίας στα φύλλα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, ειδικά την 2^η εβδομάδα το φθινόπωρο, ήταν τόσο μεγάλη ώστε το φυτικό υλικό να κρίνεται μη εμπορεύσιμο. Με τη χρήση αδιαπέραστου πλαστικού στο 3^ο έτος παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της απώλειας νερού και βάρους η οποία κυμάνθηκε μεταξύ 2 και 15% την πρώτη εβδομάδα και 6-17% την 2^η εβδομάδα ανεξάρτητα από το επίπεδο N και τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Ωστόσο η σύνθεση της ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία άλλαξε σημαντικά (σχήμα 3.2.1). Συγκεκριμένα, εξαιτίας της αναπνοής η συγκέντρωση του O₂ μειώθηκε σταδιακά, ενώ παράλληλα αυξήθηκε η συγκέντρωση του CO₂ με αποτέλεσμα τη 2^η εβδομάδα να προκύψει αναεροβίωση και τη δημιουργία δυσάρεστης οσμής στα φύλλα που αποθηκεύτηκαν στις υψηλότερες θερμοκρασίες (5-10°C) όπου η τελική συγκέντρωση του O₂ ήταν < 2%. Γι' αυτό στη συνέχεια μόνο τα αποτελέσματα της 1^{ης} εβδομάδας παρουσιάζονται.



Σχήμα 3.2.1. Αλλαγές στις συγκεντρώσεις του O₂ και CO₂ μέσα στη συσκευασία κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 2, 5 και 10°C για μια και δυο εβδομάδες.

Χλωροφύλλη

Από τα δεδομένα του πίνακα 3.2.7, φαίνεται ότι η συγκέντρωση της χλωροφύλλης (α, β και ολικής) πριν την αποθήκευση εμφάνισε μέγιστη τιμή στη μεταχείριση με 300 ppm N και μικρότερη στο μάρτυρα (50 ppm N). Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης η συγκέντρωση της χλωροφύλλης (α, β και ολικής) παρέμεινε σταθερή (μάρτυρας) ή παρουσίασε σχετική αύξηση (N1-N3, με εξαίρεση τη χλωροφύλλη β στο N2), πιθανόν εξαιτίας της απώλειας

υγρασίας. Μεταξύ των θερμοκρασιών αποθήκευσης δεν προέκυψε σημαντική επίδραση στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης (α, β και ολικής) την πρώτη εβδομάδα.

Πίνακας 3.2.7: Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, β και ολικής (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης και συσκευασμένα σε αδιαπέραστο πλαστικό κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τρεις θερμοκρασίες.

3 ^ο έτος φθινόπωρο									
	Λίπανση	Αρχική τιμή		1 ^η Εβδομάδα					
				2°C		5°C		10°C	
Χλωρ/λη α	Μάρτυρας (N0)	134,81	c (a)	151,33	c (a)	138,51	c (a)	118,98	b (a)
	150 ppm (N1)	184,82	b (b)	229,83	b (a)	229,93	b (a)	222,42	a (a)
	300 ppm (N2)	242,18	a (b)	278,24	a (ab)	307,49	a (a)	273,63	a (ab)
	450 ppm (N3)	193,96	b (b)	312,93	a (a)	288,19	a (a)	270,5	a (a)
Χλωρ/λη β	Μάρτυρας (N0)	58,03	d (a)	60,53	c (a)	56,31	c (a)	47,12	b (a)
	150 ppm (N1)	78,24	c (b)	102,23	b (a)	92,73	b (ab)	98,3	a (a)
	300 ppm (N2)	107,59	a (a)	115,41	ab (a)	127,95	a (a)	122,81	a (a)
	450 ppm (N3)	86,53	b (b)	132,52	a (a)	117,62	a (a)	111,41	a (a)
Χλωρ/λη ολική	Μάρτυρας (N0)	192,83	c (a)	211,86	c (a)	194,82	c (a)	166,1	b (a)
	150 ppm (N1)	263,07	b (b)	332,06	b (a)	322,66	b (a)	320,72	a (a)
	300 ppm (N2)	349,76	a (b)	393,66	ab (ab)	435,44	a (a)	396,44	a (ab)
	450 ppm (N3)	280,49	b (b)	445,44	a (a)	405,81	a (a)	381,91	a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Καροτενοειδή

Από τον πίνακα 3.2.8 προκύπτει ότι η συγκέντρωση των καροτενοειδών στα φύλλα δεν άλλαξε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ανεξάρτητα των επιπέδων αζώτου και των θερμοκρασιών. Τόσο πριν όσο και μετά την αποθήκευση η χαμηλότερη συγκέντρωση καροτενοειδών σημειώθηκε στο μάρτυρα, ενώ η υψηλότερη συγκέντρωση παρατηρήθηκε στο N2 (αρχικά και στους 2°C) ή στα N1-N3 (5 και 10°C).

Πίνακας 3.2.8: Η συγκέντρωση των καροτενοειδών (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τρεις θερμοκρασίες.

Λίπανση	Αρχική τιμή	T2 (2°C)		T5 (5°C)		T10 (10°C)		
Μάρτυρας (N0)	46,85	c (a)	38,20	c (a)	37,03	b (a)	31,63	b (a)
150 ppm (N1)	60,20	b (a)	56,05	b (a)	55,31	a (a)	52,41	a (a)
300 ppm (N2)	71,58	a (a)	73,50	a (a)	59,74	a (a)	55,98	a (a)
450 ppm (N3)	58,44	b (a)	56,28	b (a)	71,42	a (a)	62,29	a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά.

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής για κάθε επίπεδο λίπανσης χωριστά.

Βιταμίνη C

Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης στους 5°C παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης βιταμίνης C στα φύλλα από την επέμβαση με 450 ppm N και αύξηση στο μάρτυρα, ενώ στα φύλλα από τα άλλα επίπεδα N η τελική συγκέντρωση της βιταμίνης C δεν διέφερε σημαντικά από την αρχική τιμή. Στους 10°C δεν σημειώθηκε μεταβολή στη συγκέντρωση της βιταμίνης C κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, ενώ στους 2°C υπήρξε σχετική αύξηση της συγκέντρωσης της βιταμίνης C στις μεταχειρίσεις N0-N2. Σε όλες τις θερμοκρασίες η μεγαλύτερη συγκέντρωση της βιταμίνης C καταγράφηκε στα φύλλα που προέρχονταν από την επέμβαση N2 (300 ppm N), αλλά σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο μόνο στους 2°C. (πίνακας 3.2.9).

Πίνακας 3.2.9: Η συγκέντρωση της βιταμίνης C (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε δυο θερμοκρασίες.

Λίπανση	Αρχική τιμή	2°C	5°C	10°C
Μάρτυρας (N0)	126,38 b (c)	180,11 c (a)	143,03 ab (b)	149,95 ab (b)
150 ppm (N1)	174,59 a (b)	263,03 b (a)	140,54 ab (b)	149,62 ab (b)
300 ppm (N2)	131,57 b (b)	389,01 a (a)	232,87 a (ab)	175,89 a (b)
450 ppm (N3)	136,49 b (a)	132,32 c (a)	98,81 b (b)	100,22 b (b)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης ($p=0,05$).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Ολικά φαινολικά

Σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα 3.2.10 η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών στα φύλλα που προέρχονταν από τις χαμηλές συγκεντρώσεις N (50-150 ppm) δεν άλλαξε σημαντικά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία. Ωστόσο στα φύλλα από τις υψηλότερες συγκεντρώσεις N (300-450 ppm) η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών αυξήθηκε σε όλες τις θερμοκρασίες αποθήκευσης. Αξιοσημείωτη είναι η παρατήρηση ότι ενώ πριν την αποθήκευση οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ολικών φαινολικών βρέθηκαν στα δείγματα του μάρτυρα και των 150 ppm N, στις περισσότερες περιπτώσεις στο τέλος της αποθήκευσης οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις (αν και όχι σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο) βρέθηκαν στα δείγματα από 300-450 ppm N. Μεταξύ των θερμοκρασιών δεν προέκυψε σημαντική διαφορά στα ολικά φαινολικά των αντίστοιχων επιπέδων N ανεξάρτητα από τη διάρκεια αποθήκευσης.

Πίνακας 3.2.10: Η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τρεις θερμοκρασίες.

Λίπανση	Αρχική τιμή	T2 (2°C)	T5 (5°C)	T10 (10°C)
Μάρτυρας (N0)	220,66 a (a)	220,52 a (a)	203,14 c (a)	221,83 ab (a)
150 ppm (N1)	219,97 a (a)	224,38 a (a)	219,41 bc (a)	202,79 b (a)
300 ppm (N2)	170,79 b (b)	242,31 a (a)	263,41 a (a)	227,62 ab (a)
450 ppm (N3)	193,41 b (b)	238,38 a (a)	247,28 ab (a)	244,24 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης (p=0,05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Νιτρικά

Με ελάχιστες εξαιρέσεις δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ανεξάρτητα από το επίπεδο N-λίπανσης (πίνακας 3.2.11). Παράλληλα η αυξανόμενη συγκέντρωση νιτρικών που σημειώθηκε ανάλογα με την αύξηση της N-λίπανσης στο στάδιο συγκομιδής διατηρήθηκε κατά την αποθήκευση σε όλες τις θερμοκρασίες. Συγκρίνοντας τις θερμοκρασίες αποθήκευσης διαπιστώθηκε ότι η συγκέντρωση των νιτρικών ήταν σημαντικά χαμηλότερη στο μάρτυρα στους 10°C (σε σχέση με τους 2 και 5°C).

Πίνακας 3.2.11: Η συγκέντρωση των νιτρικών (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τρεις θερμοκρασίες.

Λίπανση	Αρχική τιμή	T2 (2°C)	T5 (5°C)	T10 (10°C)
Μάρτυρας (N0)	27,59 d (a)	37,85 c (a)	35,85 c (a)	13,83 c (b)
150 ppm (N1)	145,94 c (a)	197,29 b (a)	153,47 b (a)	179,17 b (a)
300 ppm (N2)	326,96 b (a)	340,68 a (a)	289,93 a (a)	347,68 a (a)
450 ppm (N3)	472,62 a (a)	317,15 a (a)	361,53 a (a)	372,45 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης (p=0,05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Ξηρά ουσια

Επειδή το αδιαπέραστο πλαστικό παρεμπόδισε την απώλεια υγρασίας από το εσωτερικό της συσκευασίας, το ποσοστό της ξηράς ουσίας άλλαξε πολύ λιγότερο σε σχέση με το φιλμ τύπου “Cling”. Ωστόσο, υπήρχε μια σχετική αύξηση της τάξης των 2-3% στο ποσοστό της ξηράς ουσίας στα φύλλα που προέρχονταν από τις χαμηλές συγκεντρώσεις N (N0 και N1), αλλά όχι στα υψηλότερα επίπεδα N (N2 και N3), ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης (πίνακας 3.2.12).

Πίνακας 3.2.12: Η ξηρά ουσία (%) στα φύλλα του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τρεις θερμοκρασίες.

Λίπανση	Αρχική τιμή	T2 (2°C)	T5 (5°C)	T10 (10°C)
Μάρτυρας (N0)	10,84 b (b)	13,00 a (a)	13,32 a (a)	12,92 a (a)
150 ppm (N1)	9,36 c (b)	11,60 b (a)	11,73 b (a)	11,40 bc (a)
300 ppm (N2)	10,96 b (b)	11,90 b (ab)	12,07 ab (a)	10,81 c (b)
450 ppm (N3)	12,35 a (ab)	11,97 b (b)	12,28 ab (a)	11,94 ab (b)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

3.2.2.b Ανοιξιάτικη σπορά

Απώλεια βάρους και αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία

Με τη χρήση αδιαπέραστου πλαστικού παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της απώλειας νερού και του βάρους η οποία κυμάνθηκε μεταξύ 3 και 9% την πρώτη εβδομάδα και 7-17% τη δεύτερη εβδομάδα. Η απώλεια βάρους δεν επηρεάστηκε από το επίπεδο αζωτούχου λίπανσης ή τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Εξαιτίας της ραγδαίας μείωσης στη συγκέντρωση του O_2 και τη δημιουργία της αναεροβίωσης στις αεροστεγές συσκευασίες στο φθινοπωρινό πείραμα, στο ανοιξιάτικο πείραμα μειώθηκε το βάρος των φύλλων στις συσκευασίες ώστε ο όγκος του αέρα μέσα στις σακούλες να είναι μεγαλύτερος, ενώ παράλληλα η θερμοκρασία των φύλλων μειώθηκε μέσα στους θαλάμους συντήρησης πριν το κλείσιμο των συσκευασιών. Σαν αποτέλεσμα των αλλαγών στην τεχνική συσκευασίας παρατηρήθηκε μικρότερος ρυθμός μείωσης του O_2 σε σχέση με τη φθινοπωρινό πείραμα και μικρότερη αύξηση στη συγκέντρωση του CO_2 (πίνακας 3.2.13). Μεταξύ 0,5 και 5°C η αλλαγή στη σύνθεση του αέρα ήταν γενικά μη σημαντική, ενώ μεταξύ 0,5 και 10 ή 5 και 10°C υπήρξε σημαντικά μεγαλύτερη μεταβολή στην υψηλότερη θερμοκρασία. Τόσο η μείωση του O_2 όσο η αύξηση του CO_2 ήταν πιο έντονες με την αύξηση του χρόνου αποθήκευσης, αλλά η αναεροβίωση ανιχνεύτηκε μόνο στη θερμοκρασία των 10°C τη 2^η εβδομάδα αποθήκευσης οπότε η συγκέντρωση του O_2 μειώθηκε κάτω από 2% με αποτέλεσμα τη δημιουργία δυσάρεστης οσμής.

Πίνακας 3.2.13: Η συγκεντρώσεις O₂ και CO₂ στις συσκευασίες με φύλλα άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τρεις θερμοκρασίες.

Μεταχείριση	O ₂		CO ₂	
	T0 (0,5°C)			
	1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα	1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (N0)	14.87 a (a)	7.54 bc (b)	5,43 a (b)	12,20 ab (a)
150 ppm (N1)	14.99 a (a)	4.83 c (b)	5,23 a (b)	14,27 ab (a)
300 ppm (N2)	13.77 a (a)	12.80 a (a)	6,40 a (a)	7,17 c (a)
450 ppm (N3)	16.70 a (a)	10.45 ab (b)	3,80 a (b)	9,20 bc (a)
T5 (5°C)				
Μάρτυρας (N0)	15.03 a (a)	8.74 a (b)	5,40 b (b)	11,00 a (a)
150 ppm (N1)	11.80 b (a)	5.17 a (b)	8,03 a (b)	13,93 a (a)
300 ppm (N2)	14.00 ab (a)	8.68 a (b)	6,23 ab (b)	10,53 a (a)
450 ppm (N3)	12.80 ab (a)	5.43 a (b)	7,00 ab (b)	13,37 a (a)
T10 (10°C)				
Μάρτυρας (N0)	*nd	*nd	*nd	*nd
150 ppm (N1)	7.31 a (a)	0.17 a (b)	11,77 a (b)	17,67 a (a)
300 ppm (N2)	8.68 a (a)	0.26 a (b)	10,53 a (b)	18,03 a (a)
450 ppm (N3)	11.50 a (a)	1.54 a (b)	8,07 a (b)	15,90 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά.

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Μεταξύ θερμοκρασιών 0,5 και 5°C δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές παρά μόνο στο N2 και N3 τη 2^η εβδομάδα. Στις θερμοκρασίες 0,5 και 10°C και 5 και 10°C προέκυψαν σημαντικές διαφορές τόσο στο O₂ όσο και στο CO₂ με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

* nd: μη προσδιορισμός της ουσίας λόγω έλλειψης δειγμάτων.

Χλωροφύλλη

Με εξαίρεση το μάρτυρα όπου η συγκέντρωση της χλωροφύλλης (α, β και ολικής) μειώθηκε τη 2^η εβδομάδα της αποθήκευσης, στα φύλλα που προέρχονταν από τα υψηλότερα επίπεδα N-λίπανσης (150-450 ppm) η συγκέντρωση της χλωροφύλλης είτε δεν μεταβλήθηκε ή ακόμη αυξήθηκε (πιθανόν εξαιτίας της απώλειας νερού) κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (πίνακας 3.2.14). Στις περισσότερες περιπτώσεις όπου υπήρξε διαφοροποίηση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης ανάλογα με την N-λίπανση (αύξηση στα 300-450 ppm N) στο στάδιο συγκομιδής, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης οι διαφορές αυτές ομαλοποιήθηκαν και δεν διέφεραν πια σημαντικά. Γενικά μεταξύ των θερμοκρασιών 0,5 και 5°C δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση χλωροφύλλης (α, β και ολικής) που οφείλονταν στο επίπεδο N-λίπανσης, ενώ μεταξύ 0,5 και 10°C και 5 και 10°C σημαντικές διαφορές βρέθηκαν κυρίως στα χαμηλά επίπεδα N (50-150 ppm). Τέλος, ενώ τη 2^η εβδομάδα αποθήκευσης στους 10°C παρουσιάστηκε αναεροβίωση στα δείγματα αυτό το φαινόμενο δεν επηρέασε τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης.

Πίνακας 4.2.14: Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, β και ολικής (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης και συσκευασμένα σε αδιαπέραστο πλαστικό κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τρεις θερμοκρασίες.

Λίπανση	Χλωροφύλλη α				Χλωροφύλλη β				Χλωροφύλλη ολική						
	Αρχική τιμή	1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα	Αρχική τιμή	1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα	Αρχική τιμή	1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα	Αρχική τιμή	1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα	Αρχική τιμή	1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
0,5°C															
Μάρτυρας (N0)	159,07 b (a)	167,95 a (a)	112,74 b (b)	76,34 ab (a)	71,46 a (a)	45,65 b (b)	235,41 b (a)	239,41 a (a)	158,39 b (b)						
150 ppm (N1)	164,65 b (b)	204,48 a (a)	204,70 a (a)	73,26 b (b)	86,63 a (a)	86,84 a (a)	244,38 b (b)	291,11 a (a)	291,54 a (a)						
300 ppm (N2)	225,08 a (a)	242,09 a (a)	203,54 a (a)	97,12 a (a)	99,50 a (a)	91,21 a (a)	312,41 a (a)	341,59 a (a)	294,75 a (a)						
450 ppm (N3)	202,27 a (a)	220,05 a (a)	221,59 a (a)	95,90 ab (a)	96,81 a (a)	94,05 a (a)	307,37 a (a)	316,86 a (a)	315,64 a (a)						
5°C															
Μάρτυρας (N0)	159,07 b (a)	175,76 a (a)	107,89 a (b)	76,34 ab (a)	72,53 a (a)	46,27 b (b)	235,41 b (a)	248,29 a (a)	154,16 a (b)						
150 ppm (N1)	164,65 b (a)	217,63 a (a)	168,80 a (a)	73,26 b (b)	92,59 a (a)	75,24 a (b)	244,38 b (b)	310,22 a (a)	244,04 a (b)						
300 ppm (N2)	225,08 a (a)	213,52 a (ab)	151,03 a (b)	97,12 a (a)	88,26 a (a)	70,69 ab (a)	312,41 a (a)	301,78 a (a)	221,71 a (a)						
450 ppm (N3)	202,27 a (a)	184,50 a (ab)	152,13 a (b)	95,90 ab (a)	76,76 a (a)	68,24 ab (a)	307,37 a (a)	261,25 a (a)	220,36 a (a)						
10°C															
Μάρτυρας (N0)	159,07 b	nd	nd	76,34 ab	nd	nd	235,41 b	nd	nd						
150 ppm (N1)	164,65 b (a)	165,54 a (a)	155,23 a (a)	73,26 b (a)	69,87 a (a)	66,66 a (a)	244,38 b (a)	235,41 a (a)	221,88 a (a)						
300 ppm (N2)	225,08 a (a)	171,79 a (a)	166,75 a (a)	97,12 a (a)	71,87 a (a)	69,28 a (a)	312,41 a (a)	243,66 a (a)	236,02 a (a)						
450 ppm (N3)	202,27 a (a)	169,96 a (a)	173,62 a (a)	95,90 ab (a)	70,87 a (a)	74,19 a (a)	307,37 a (a)	240,83 a (a)	247,81 a (a)						

	Χλωροφύλλη α				Χλωροφύλλη β				Χλωροφύλλη ολική																
	1 ^η Εβδομάδα				2 ^η Εβδομάδα				1 ^η Εβδομάδα				2 ^η Εβδομάδα												
	N 0	N 1	N 2	N 3	N 0	N 1	N 2	N 3	N 0	N 1	N 2	N 3	N 0	N 1	N 2	N 3	N 0	N 1	N 2	N 3	N 0	N 1	N 2	N 3	
T0-T5	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	*	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	*
T0-T10		*	ΜΣ	*		ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ		*	ΜΣ	*		ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ		*	ΜΣ	*		ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	
T5-T10		*	ΜΣ	ΜΣ		ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ		*	ΜΣ	ΜΣ		ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ		*	ΜΣ	ΜΣ		ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

* Υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p= 0.05, ΜΣ: Μη Σημαντική διαφορά).

nd = μη προσδιορισμός της ουσίας λόγω έλλειψης δειγμάτων.

Βιταμίνη C

Η συγκέντρωση της βιταμίνης C μειώθηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια μιας εβδομάδας αποθήκευσης ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία (πίνακας 3.2.15), ενώ στη συνέχεια δεν υπήρξε περαιτέρω στατιστικά σημαντική απώλεια. Σε γενικές γραμμές η αυξημένη συγκέντρωση της βιταμίνης C στα 300 και 450 ppm N που παρατηρήθηκε στο στάδιο συγκομιδής (πριν την αποθήκευση) παρατηρήθηκε και στο τέλος της 1^{ης} εβδομάδας αποθήκευσης ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία, αλλά όχι τη 2^η εβδομάδα. Μεταξύ των θερμοκρασιών αποθήκευσης δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές στις τιμές της βιταμίνης C ανεξάρτητα από το επίπεδο N-λίπανσης.

Πίνακας 3.2.15: Η συγκέντρωση της βιταμίνης C (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τρεις θερμοκρασίες.

Λίπανση	Αρχική τιμή	0,5°C	
		1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (N0)	417,54 b (a)	204,03 b (c)	336,84 a (b)
150 ppm (N1)	398,29 b (a)	209,82 b (b)	218,77 b (b)
300 ppm (N2)	762,74 a (a)	237,89 a (b)	200,18 b (b)
450 ppm (N3)	776,84 a (a)	220,53 ab (b)	216,49 b (b)
Λίπανση	Αρχική τιμή	5°C	
		1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (N0)	417,54 b (a)	210,88 bc (c)	309,47 a (b)
150 ppm (N1)	398,29 b (a)	199,65 c (b)	216,67 b (b)
300 ppm (N2)	762,74 a (a)	254,04 a (b)	196,49 c (b)
450 ppm (N3)	776,84 a (a)	224,39 b (b)	216,14 b (b)
Λίπανση	Αρχική τιμή	10°C	
		1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (N0)	417,54 b	* nd	* nd
150 ppm (N1)	398,29 b (a)	201,23 b (b)	225,26 a (b)
300 ppm (N2)	762,74 a (a)	229,30 a (b)	199,47 b (b)
450 ppm (N3)	776,84 a (a)	219,82 a (b)	205,61 b (b)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά.

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Μεταξύ θερμοκρασιών (0-5, 0-10, 5-10°C) δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση της βιταμίνης C με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

*nd = μη προσδιορισμός της ουσίας λόγω έλλειψης δειγμάτων.

Νιτρικά

Η συγκέντρωση των νιτρικών στο στάδιο της συγκομιδής (αρχική τιμή) και καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στα υψηλά επίπεδα N-λίπανσης (300-450ppm) (πίνακας 3.2.16). Παρατηρήθηκε αύξηση στη συγκέντρωση των νιτρικών την 1^η εβδομάδα αποθήκευσης στα χαμηλά επίπεδα N (N0 και N1) χωρίς περαιτέρω αλλαγή τη 2^η εβδομάδα, ενώ στα υψηλά επίπεδα N (N2 και N3) η συγκέντρωση των νιτρικών δεν

άλλαξε κατά την αποθήκευση. Μεταξύ των θερμοκρασιών αποθήκευσης δεν διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά στις συγκεντρώσεις νιτρικών παρά μόνο την 1^η εβδομάδα μεταξύ των N0 (0,5-5°C) και N1 (0,5-5°C).

Πίνακας 3.2.16: Η συγκέντρωση των νιτρικών (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τρεις θερμοκρασίες.

Λίπανση	Αρχική τιμή	0,5°C	
		1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (N0)	6,42 b (b)	27,98 b (a)	25,06 b (a)
150 ppm (N1)	49,31 b (b)	70,46 b (ab)	143,89 b (a)
300 ppm (N2)	513,40 a (a)	546,04 a (a)	543,22 a (a)
450 ppm (N3)	601,34 a (a)	674,53 a (a)	670,07 a (a)
Λίπανση	Αρχική τιμή	5°C	
		1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (N0)	6,42 b (b)	43,19 c (a)	34,01 c (a)
150 ppm (N1)	49,31 b (b)	130,82 c (a) *	114,23 c (a)
300 ppm (N2)	513,40 a (a)	344,04 b (a)	519,86 b (a)
450 ppm (N3)	601,34 a (a)	717,02 a (a)	789,68 a (a)
Λίπανση	Αρχική τιμή	10°C	
		1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (N0)	6,42 b	* nd	* nd
150 ppm (N1)	49,31 b (b)	86,96 c (ab)	99,12 c (a)
300 ppm (N2)	513,40 a (a)	509,95 b (a)	602,97 b (a)
450 ppm (N3)	601,34 a (b)	698,50 a (ab)	915,53 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά (p=0,05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

nd = μη προσδιορισμός της ουσίας λόγω έλλειψης δειγμάτων.

Ξηρά ουσία

Σε αντίθεση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν το φθινόπωρο, στα φυτά της ανοιξιάτικης καλλιέργειας παρουσιάστηκε μια σχετική αύξηση της τάξης των 3-6% στο ποσοστό της ξηράς ουσίας στα φύλλα που προέρχονταν από της υψηλές συγκεντρώσεις N (N2 και N3), αλλά όχι στα χαμηλότερα επίπεδα N (N0 και N1), ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης (πίνακας 3.2.17). Επιπλέον, το ποσοστό της ξηράς ουσίας αρχικά και κατά την αποθήκευση ήταν μεγαλύτερο στα φυτά της άνοιξης σε σχέση με τα φυτά του φθινοπώρου (πίνακας 3.2.12) πιθανόν, εξαιτίας των υψηλότερων θερμοκρασιών κατά την άνοιξη.

Πίνακας 3.2.17: Η ξηρά ουσία (%) στα φύλλα του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τρεις θερμοκρασίες.

Λίπανση	Αρχική τιμή	T0 (0,5°C)	T5 (5°C)	T10 (10°C)
Μάρτυρας (N0)	17,44 a (a)	18,92 a (a)	16,51 b (a)	* nd
150 ppm (N1)	17,07 a (a)	18,94 a (a)	20,99 a (a)	16,36 a (a)
300 ppm (N2)	16,56 a (b)	19,78 a (a)	17,88 b (a)	17,58 a (a)
450 ppm (N3)	12,97 b (b)	19,76 a (a)	17,98 b (a)	17,63 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

* nd: μη προσδιορισμός της ουσίας λόγω έλλειψης δειγμάτων.

Συμπεράσματα

Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και των συνθηκών αποθήκευσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου

Απώλεια βάρους

Η απώλεια βάρους στα φύλλα μετά την αποθήκευση σε πλαστικό φιλμ τύπου “Cling” το φθινόπωρο κυμάνθηκε μεταξύ 24 και 32% την 1^η εβδομάδα και 42 με 51% τη 2^η εβδομάδα. Την άνοιξη η αντίστοιχη απώλεια βάρους κυμάνθηκε μεταξύ 14 και 19% την 1^η εβδομάδα και 25 με 31 % τη 2^η εβδομάδα. Η απώλεια βάρους δεν επηρεάστηκε από την αζωτούχο λίπανση ή τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Με τη συσκευασία σε αδιαπέραστο πλαστικό μειώθηκε η απώλεια βάρους την 1^η εβδομάδα του φθινοπώρου στο 2-15%, ενώ τη 2^η εβδομάδα 6-17%. Την άνοιξη η απώλεια βάρους κυμάνθηκε μεταξύ 3 και 9% την 1^η εβδομάδα και 7-17% τη 2^η εβδομάδα. Η απώλεια βάρους δεν επηρεάστηκε από το επίπεδο N-χου λίπανσης ή τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Από τα αποτελέσματα αυτά συμπεράναμε ότι η αποθήκευση του άνηθου σε πλαστικό φιλμ τύπου “Cling” λόγω της έντονης αφυδάτωσης δεν είναι εμπορικά αποδεκτή, ενώ ενδείκνυται η συσκευασία σε αδιαπέραστο πλαστικό.

Σύνθεση ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία

Η σύνθεση της ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία άλλαξε σημαντικά στις συσκευασίες με αδιαπέραστο πλαστικό και στις δύο εποχές σποράς, ενώ στο “Cling” film δεν προέκυψε σημαντική αλλαγή. Το φθινόπωρο η συγκέντρωση του O₂ μειώθηκε σταδιακά με παράλληλη αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂, με αποτέλεσμα να αναπτυχθούν συνθήκες αναεροβίωσης τη 2^η εβδομάδα στις υψηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης (5 και 10°C) όπου η συγκέντρωση του O₂ μειώθηκε κάτω από 2%. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε την άνοιξη με τη μείωση του βάρους των φύλλων στις συσκευασίες.

Χλωροφύλλη

Το φθινόπωρο και την άνοιξη η συγκέντρωση της χλωροφύλλης (α , β και ολικής) στο μάρτυρα μειώθηκε κατά τη διάρκεια αποθήκευσης σε πλαστικό “Cling” στους 10°C , ενώ στις υψηλότερες επεμβάσεις αζώτου η επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης δεν ήταν σαφής. Μεταξύ των θερμοκρασιών αποθήκευσης διαπιστώθηκε σημαντική απώλεια της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης στους 10°C σε σχέση με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες ανεξάρτητα από την αζωτούχο λίπανση και τη διάρκεια αποθήκευσης.

Το φθινόπωρο η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα που συσκευάστηκαν σε αδιαπέραστο πλαστικό δεν άλλαξε κατά τη διάρκεια μίας εβδομάδας αποθήκευσης ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία και το επίπεδο N. Την άνοιξη, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης μειώθηκε στη 2^η εβδομάδα της αποθήκευσης σε όλες τις θερμοκρασίες και ανεξάρτητα από το επίπεδο της αζωτούχου λίπανσης.

Καροτενοειδή

Η συγκέντρωση των καροτενοειδών προσδιορίστηκε το φθινόπωρο του τρίτου έτους του πειράματος σε φύλλα συσκευασμένα σε αδιαπέραστο πλαστικό. Η θερμοκρασία αποθήκευσης δεν επηρέασε τη συγκέντρωση των καροτενοειδών ανεξάρτητα από το επίπεδο της αζωτούχου λίπανσης.

Βιταμίνη C

Η συγκέντρωση της βιταμίνης C το φθινόπωρο σε φύλλα συσκευασμένα με πλαστικό τύπου “Cling” αυξήθηκε με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης και η θετική αυτή επίδραση της N-λίπανσης διατηρήθηκε κατά τη διάρκεια αποθήκευσης για μια εβδομάδα. Ωστόσο, η συγκέντρωση της βιταμίνης C μειώθηκε στο επίπεδο των 150 ppm N, αλλά όχι στα υψηλότερα επίπεδα N με την αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης. Την άνοιξη, η συγκέντρωση της βιταμίνης C στους $0,5$ και 5°C δεν μεταβλήθηκε σημαντικά τόσο την 1^η όσο και τη 2^η εβδομάδα αποθήκευσης, ενώ στους 10°C παρατηρήθηκε σημαντική μείωση τη δεύτερη εβδομάδα στο επίπεδο των 150 ppm N.

Όταν τα φύλλα συσκευάστηκαν σε αδιαπέραστο πλαστικό, το φθινόπωρο παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στη συγκέντρωση της βιταμίνης C το φθινόπωρο με την αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης στους 5 και 10°C σε σχέση με τους 2°C . Την άνοιξη η συγκέντρωση της βιταμίνης C μειώθηκε σημαντικά μετά την 1^η εβδομάδα αποθήκευσης, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Τόσο πριν την αποθήκευση όσο και μετά την 1^η εβδομάδα η συγκέντρωση της βιταμίνης C ήταν υψηλότερη στα επίπεδα των 300 και 450 ppm N.

Ολικά φαινολικά

Το φθινόπωρο του τρίτου έτους έγινε προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών σε φύλλα συσκευασμένα σε αδιαπέραστο πλαστικό. Στις μεταχειρίσεις με 50 και 150 ppm N δεν σημειώθηκε σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών, ενώ στα επίπεδα με 300 και 450 ppm N σημειώθηκε σημαντική αύξηση στους 5 και 10°C.

Νιτρικά

Η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα του άνηθου τόσο το φθινόπωρο όσο και την άνοιξη αυξήθηκε πριν τη συγκομιδή με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης και η διαφορά αυτή διατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε πλαστικό τύπου “Cling”, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Γενικά η συγκέντρωση νιτρικών δεν άλλαξε κατά τη διάρκεια αποθήκευσης για μια εβδομάδα ή αυξήθηκε εξαιτίας της απώλειας νιτροβόρου. Γενικά η συγκέντρωση των νιτρικών σε φύλλα συσκευασμένα σε αδιαπέραστο πλαστικό δεν άλλαξε κατά τη διάρκεια αποθήκευσης το φθινόπωρο, ενώ αυξήθηκε στα χαμηλά επίπεδα N την άνοιξη.

Η σύγκριση των θερμοκρασιών οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η συγκέντρωση των νιτρικών το φθινόπωρο ήταν σημαντικά χαμηλότερη στους 10°C σε σχέση με τους 2 και 5°C, ενώ την άνοιξη μεταξύ των θερμοκρασιών αποθήκευσης δε παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στις συγκεντρώσεις νιτρικών σε κανένα επίπεδο αζωτούχου λίπανσης.

Ξηρά ουσία

Εξαιτίας της υψηλής διαπερατότητας του φιλμ τύπου “Cling” σε υδρατμούς το ποσοστό της ξηράς ουσίας αυξήθηκε τόσο το φθινόπωρο όσο και την άνοιξη κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ως αποτέλεσμα της απώλειας υγρασίας χωρίς διαφοροποίηση εξαιτίας της συγκέντρωσης N ή της θερμοκρασίας αποθήκευσης.

Το ποσοστό της ξηράς ουσίας στις συσκευασίες με αδιαπέραστο πλαστικό άλλαξε πολύ λιγότερο σε σχέση με το φιλμ τύπου “Cling” καθώς το αδιαπέραστο πλαστικό εμπόδιζε την απώλεια υγρασίας από το εσωτερικό της συσκευασίας. Ωστόσο, το φθινόπωρο υπήρχε μια σχετική αύξηση της τάξης των 2-3% στο ποσοστό της ξηράς ουσίας στα φύλλα που προέρχονταν από τις χαμηλές συγκεντρώσεις N (N0 και N1), αλλά όχι στα υψηλότερα επίπεδα N (N2 και N3), ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Σε αντίθεση, τα φυτά της ανοιξιάτικης καλλιέργειας παρουσίασαν μια σχετική αύξηση της τάξης των 3-6% στο ποσοστό της ξηράς ουσίας στα φύλλα που προέρχονταν από τις υψηλές συγκεντρώσεις N (N2 και N3), αλλά όχι στα χαμηλότερα επίπεδα N (N0 και N1), ανεξάρτητα από τη

θερμοκρασία αποθήκευσης. Επιπλέον, το ποσοστό της ξηράς ουσίας αρχικά και κατά την αποθήκευση ήταν μεγαλύτερο στα φυτά της άνοιξης σε σχέση με τα φυτά του φθινοπώρου.

3.3 Η επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη, την παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου σε δύο εποχές σποράς: φθινοπωρινή και ανοιξιάτικη

3.3. Α. Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη του άνηθου

Τα αποτελέσματα προέκυψαν από τη μελέτη της επίδρασης της εποχής σποράς και της εφαρμοζόμενης συγκέντρωσης αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών και συγκεκριμένα στο βάρος και το ύψος του υπέργειου τμήματος του φυτού, και στον αριθμό των φύλλων. Επίσης, προσδιορίστηκε το νωπό βάρος των φύλλων και των στελεχών χωριστά, καθώς και η σχέση του βάρους φύλλων / στελεχών.

Κατά τη διάρκεια του 1^{ου} έτους του πειράματος για την επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη του άνηθου εφαρμόστηκαν οι εξής μεταχειρίσεις: 0,6 (μάρτυρας), 1,5, 3 και 4,5 dS m⁻¹. Στο 2^ο έτος του πειράματος οι επεμβάσεις που εφαρμόστηκαν ήταν 0,6 (μάρτυρας), 2, 4, και 6 dS m⁻¹. Η αλλαγή αυτή στις μεταχειρίσεις σε σχέση με το πρώτο πείραμα έγινε επειδή δεν διαπιστώθηκε επίδραση της αλατότητας έως και 4,5 dS m⁻¹ στην ανάπτυξη των φυτών, οπότε στα πειράματα του δεύτερου έτους αυξήθηκε η υψηλή αλατότητα στα 6 dS m⁻¹. Στο 3^ο έτος του πειράματος αυξήθηκε πάλι η εφαρμοζόμενη αλατότητα στα φυτά καθώς διαπιστώθηκε και από το 2^ο έτος του πειράματος ότι ο άνηθος ήταν ανθεκτικός ακόμα και στην αλατότητα των 6 dS m⁻¹. Επομένως, οι μεταχειρίσεις οι οποίες εφαρμόστηκαν στο τρίτο έτος ήταν 0,6 (μάρτυρας), 2, 4, 6 και 8 dS m⁻¹.

Από τον πίνακα 3.3.1 προκύπτει ότι το ύψος των φυτών επηρεάστηκε κυρίως από την εποχή σποράς και λιγότερα από το επίπεδο αλατότητας. Με εξαίρεση το τρίτο έτος, τα φυτά της ανοιξιάτικης καλλιέργειας ήταν υψηλότερα από τα αντίστοιχα φυτά του φθινοπώρου διότι την άνοιξη τα φυτά ανέπτυσαν πιο σύντομα ανθικά στελέχη. Σε αντίθεση, το ύψος των φυτών είτε αυξήθηκε (την άνοιξη του 2^{ου} έτους) είτε μειώθηκε (την άνοιξη του 1^{ου} έτους) ή δεν επηρεάστηκε καθόλου από το επίπεδο αλατότητας.

Στο 1^ο έτος, ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό ήταν μεγαλύτερος την άνοιξη σε σχέση με το φθινόπωρο, ενώ στο 2^ο και το 3^ο έτος δεν προέκυψαν διαφορές μεταξύ των εποχών. Γενικά το επίπεδο αλατότητας δεν επηρέασε σταθερά τον αριθμό φύλλων ανά φυτό σε καμία εποχή (πίνακας 3.3.1).

Το μέσο βάρος των φυτών αυξήθηκε με την εφαρμογή του NaCl ανεξάρτητα από την εποχή, με εξαίρεση την ανοιξιάτικη καλλιέργεια του 3^{ου} έτους όπου το βάρος των φυτών στο επίπεδο 8dSm⁻¹ ήταν σημαντικά μικρότερο σε σχέση με όλα τα άλλα επίπεδα (πίνακας 3.3.1).

Πίνακας 3.3.1: Επίδραση της αλατότητας στο ύψος του φυτού, τον αριθμό των φύλλων και το νωπό βάρος του φυτού.

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Ύψος φυτού (cm)	Αριθμός φύλλων φυτό ⁻¹	Βάρος (g φυτό ⁻¹)
1 ^ο έτος Φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	67,65 b	5,9 ab	23,37 b
	1.5 dS (S1)	69,53 b	5,6 b	21,69 b
	3.0 dS (S2)	73,39 a	5,9 ab	27,92 a
	4.5 (S3)	69,91 b	6,2 a	28,26 a
1 ^ο έτος Άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	131,08 a	8,3 a	22,10 b
	1.5 dS (S1)	128,69 a	8,3 a	30,50 a
	3.0 dS (S2)	123,38 b	8,2 a	26,65 a
	4.5 dS (S3)	124,09 b	8,2 a	30,11 a
2 ^ο έτος Φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	52,06 a	10,6 a	43,86 ab
	2.0 dS (S1)	52,54 a	10,4 a	47,72 a
	4.0 dS (S2)	53,64 a	9,3 b	39,23 b
	6.0 dS (S3)	52,84 a	9,5 b	48,08 a
2 ^ο έτος Άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	72,34 b	8,1 b	55,24 c
	2.0 dS (S1)	74,49 b	8,3 b	60,73 b
	4.0 dS (S2)	84,45 a	8,6 b	59,97 b
	6.0 dS (S3)	90,09 a	9,6 a	69,53 a
3 ^ο έτος Φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	48,01 b	6,7 b	38,52 b
	2.0 dS (S1)	51,12 ab	7,7 a	52,42 a
	4.0 dS (S2)	51,86 a	6,9 b	55,29 a
	6.0 dS (S3)	53,65 a	7,6 a	61,46 a
	8.0 dS (S4)	52,81 a	7,3 ab	55,67 a
3 ^ο έτος Άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	44,51 a	6,5 a	54,92 a
	2.0 dS (S1)	40,47 a	6,1 ab	57,01 a
	4.0 dS (S2)	40,34 a	6,2 a	58,17 a
	6.0 dS (S3)	43,37 a	5,7 bc	59,10 a
	8.0 dS (S4)	40,16 a	5,5 c	41,79 b

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε εποχή χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Η EC του μάρτυρα σε όλα τα πειράματα του κεφαλαίου 3.3 ήταν 0.6 dS.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.3.2 το νωπό βάρος των φύλλων το φθινόπωρο του 1^{ου} έτους δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας ενώ στο 2^ο έτος διαπιστώθηκε σχετική αύξηση μεταξύ του μάρτυρα και του S1 (2,0 dS m⁻¹) χωρίς περαιτέρω αλλαγή στα υψηλότερα επίπεδα αλατότητας. Την άνοιξη παρατηρήθηκε αύξηση του βάρους των φύλλων μεταξύ S0 (μάρτυρας) και S1 (το 1^ο έτος) και S2 και S3 στο 2^ο έτος, ενώ στο 3^ο έτος παρατηρήθηκε μείωση στο πολύ υψηλό επίπεδο αλατότητας (8 dS m⁻¹). Τόσο το φθινόπωρο όσο και την άνοιξη του 1^{ου} και του 2^{ου} έτους παρατηρήθηκε αύξηση του νωπού βάρους των στελεχών με αυξανόμενες συγκεντρώσεις του NaCl στο θρεπτικό διάλυμα, ενώ την άνοιξη του 3^{ου} έτους σημειώθηκε μείωση στο υψηλό επίπεδο αλατότητας (8 dS m⁻¹) αλλά όχι σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο.

Η σχέση μεταξύ του βάρους των φύλλων και των στελεχών διέφερε ανάλογα με το μέγεθος του φυτού στο στάδιο συγκομιδής. Για παράδειγμα, όταν η ανάπτυξη του φυτού ήταν μικρή (βάρος φυτού <30 g, το 1^ο έτος) το βάρος των στελεχών ήταν μεγαλύτερο από αυτό των φύλλων και τα φυτά άνθισαν νωρίς. Σε αντίθεση, στο 2^ο και 3^ο έτος τα φυτά ήταν πιο αναπτυγμένα κατά τη συγκομιδή (βάρος φυτού 40-70 g), και το βάρος των φύλλων ήταν πάντοτε μεγαλύτερο από αυτό των στελεχών (πίνακας 3.3.2) ανεξάρτητα εποχής και επιπέδου αλατότητας.

Πίνακας 3.3.2: Επίδραση της αλατότητας στο νωπό βάρος των φύλλων και των στελεχών του φυτού, και στη σχέση φύλλων προς στελεχών.

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Νωπό βάρος (g φυτό ⁻¹)		Σχέση φύλλων / στελεχών
		Φύλλα	Στελέχη	
1 ^ο έτος Φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	11,90 a	12,19 b	-0,97 a
	1.5 dS (S1)	10,18 a	12,32 b	-0,83 bc
	3.0 dS (S2)	11,88 a	15,84 a	-0,76 c
	4.5 dS (S3)	12,75 a	14,26 a	-0,90 b
1 ^ο έτος Άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	6,20 b	13,89 b	-0,45 a
	1.5 dS (S1)	9,96 a	20,56 a	-0,48 a
	3.0 dS (S2)	8,46 a	17,90 a	-0,47 a
	4.5 dS (S3)	8,30 a	20,29 a	-0,41 a
2 ^ο έτος Φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	36,65 b	6,21 ab	5,90 a
	2.0 dS (S1)	40,24 a	6,91 ab	5,82 a
	4.0 dS (S2)	41,91 a	5,43 b	7,72 a
	6.0 dS (S3)	41,89 a	7,22 a	5,80 a
2 ^ο έτος Άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	36,21 b	21,05 c	1,72 a
	2.0 dS (S1)	37,59 b	23,04 bc	1,63 ab
	4.0 dS (S2)	35,36 b	24,38 b	1,45 bc
	6.0 dS (S3)	40,15 a	29,49 a	1,36 c
3 ^ο έτος Άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	43,87 a	10,94 a	4,01 a
	2.0 dS (S1)	45,23 a	11,37 a	3,98 a
	4.0 dS (S2)	45,85 a	11,43 a	4,01 a
	6.0 dS (S3)	48,56 a	11,05 a	4,39 a
	8.0 dS (S4)	32,38 b	8,77 a	3,69 a

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε εποχή χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Την άνοιξη του πρώτου έτους τα φυτά άνθισαν σε μεγάλο ποσοστό (>90%) και στον πίνακα 3.3.3 φαίνεται ότι το βάρος των ταξιανθιών ανά φυτό αυξήθηκε σε αλατότητα άνω των 1,5 dS m⁻¹, όπως και το 2^ο έτος άνω των 2,0 dS m⁻¹.

Το % άνθησης των φυτών αυξανόταν με την αύξηση της εφαρμοζόμενης αλατότητας σε κάθε επίπεδο μέχρι και το μέγιστο επίπεδο αλατότητας, όπως και ο αριθμός ανθέων ανά ταξιανθία στα 4,0 έως 6,0 dS m⁻¹ στο 2^ο έτος.

Πίνακας 3.3.3: Επίδραση της αλατότητας στο βάρος της ανθοταξίας ανά φυτό, τον αριθμό ανθοταξιών ανά μεταχείριση και στο ποσοστό άνθησης των φυτών την άνοιξη.

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Νωπό βάρος ανθοταξίας (g φυτό ⁻¹)	Αριθμός ανθοταξιών / μεταχείριση	% Άνθησης
1 ^ο έτος άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	3,09 b	43	91,49
	1.5 dS (S1)	3,66 ab	37	92,50
	3.0 dS (S2)	4,51 a	34	94,44
	4.5 dS (S3)	4,36 a	39	97,50
2 ^ο έτος άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	0,75 b	29	20,51
	2.0 dS (S1)	0,87 b	32	23,73
	4.0 dS (S2)	1,99 a	53	33,62
	6.0 dS (S3)	1,54 ab	83	52,59

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

3.3.B. Επίδραση της αλατότητας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου

Τα αποτελέσματα αφορούν την επίδραση της αλατότητας και της εποχής σποράς στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά συμπεριλαμβάνουν το σκούρο πράσινο χρώμα των φύλλων, το χαρακτηριστικό άρωμα του φυτού και τα συστατικά που σχετίζονται με την ανθρώπινη διατροφή και τη γεύση του προϊόντος. Συγκεκριμένα μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις των εξής συστατικών: χλωροφύλλη α, χλωροφύλλη β, ολική χλωροφύλλη, βιταμίνη C, καροτενοειδή, ολικά φαινολικά, νιτρικά, αιθέρια έλαια, και φλαβονοειδείς ουσίες, ενώ έγινε και προσδιορισμός του % ξηράς ουσίας. Επίσης, τα δύο τελευταία έτη έγινε και προσδιορισμός των ανόργανων στοιχείων στους ιστούς του άνηθου. Επιπλέον, στο τέλος του κάθε πειράματος μετρήθηκε το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) του υποστρώματος σε σχέση με το επίπεδο αλατότητας ως ένδειξη της επίδρασης του NaCl στη σύσταση του υποστρώματος.

Χλωροφύλλη

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.3.9 η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, β και ολικής στο πρώτο έτος δεν επηρεάστηκε σε σημαντικό βαθμό από την αύξηση της αλατότητας σε καμία από τις δύο εποχές σποράς. Το φθινόπωρο του 2^{ου} έτους η συγκέντρωση της χλωροφύλλης αυξήθηκε στα φυτά της μεταχείρισης S1 (1,5 dS m⁻¹) σε σχέση με το μάρτυρα (S0) χωρίς περεταίρω αύξηση στα υψηλότερα επίπεδα αλατότητας. Σε αντίθεση, την άνοιξη του 2^{ου} έτους παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης στα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υψηλότερο επίπεδο αλατότητας (6,0 dS m⁻¹).

Η σύγκριση μεταξύ των εποχών του κάθε έτους απέδειξε ότι το φθινόπωρο η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, χλωροφύλλης β και ολικής χλωροφύλλης ήταν χαμηλότερη σε σχέση με την άνοιξη ανεξάρτητα από το επίπεδο αλατότητας.

Πίνακας 3.3.9: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, β και ολικής στα φύλλα (mg 100g νωπού βάρους⁻¹) το 1^ο και 2^ο έτος.

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Χλωροφύλλη α	Χλωροφύλλη β	Ολική χλωροφύλλη
1 ^ο έτος Φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	164,62 a *	71,49 a *	236,11 a *
	1.5 dS (S1)	156,59 a *	61,76 a *	218,35 a *
	3.0 dS (S2)	169,83 a *	67,54 a *	237,37 a *
	4.5 dS (S3)	177,71 a *	70,59 a *	248,31 a *
1 ^ο έτος Άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	243,39 ab	109,68 a	353,07 a
	1.5 dS (S1)	207,87 b	88,94 a	296,81 a
	3.0 dS (S2)	262,11 a	116,54 a	378,66 a
	4.5 dS (S3)	223,69 ab	96,96 a	320,65 a
2 ^ο έτος Φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	121,03 b *	45,07 b *	166,10 b *
	2.0 dS (S1)	169,25 a *	63,19 a *	232,44 a *
	4.0 dS (S2)	159,37 a *	64,24 a *	223,61 a *
	6.0 dS (S3)	174,54 a	69,17 a *	243,71 a
2 ^ο έτος Άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	229,18 a	104,42 a	333,60 a
	2.0 dS (S1)	209,19 ab	94,26 ab	303,45 ab
	4.0 dS (S2)	195,16 ab	91,58 ab	286,73 ab
	6.0 dS (S3)	179,73 b	85,83 b	265,57 b

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε εποχή χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των εποχών και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Στο 3^ο έτος η συγκέντρωση της χλωροφύλλης μετρήθηκε όχι μόνο στα ελάσματα των φύλλων αλλά και στους μίσχους και στην κορυφή των βλαστών, γι' αυτό τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε χωριστό πίνακα (3.3.10). Πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός της χλωροφύλλης α, β και ολικής, αλλά για λόγους οικονομίας χώρου καθώς τα αποτελέσματα της χλωροφύλλης α και β ήταν παρόμοια με αυτά της ολικής χλωροφύλλης στον πίνακα 3.3.10 παρουσιάζεται μόνο η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης.

Όπως διαπιστώθηκε στο 1^ο και 2^ο έτος, έτσι και εδώ, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης ήταν σημαντικά μεγαλύτερη (περίπου 2,4 φορές συνολικά) σε όλα τα μέρη του φυτού της ανοιξιάτικης καλλιέργειας σε σύγκριση με της φθινοπωρινής.

Η υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης βρέθηκε στο έλασμα των φύλλων, στη συνέχεια στην κορυφή και τέλος στο μίσχο των φύλλων ανεξάρτητα εποχής. Για παράδειγμα, η συγκέντρωση χλωροφύλλης στο έλασμα ήταν 7-9 φορές μεγαλύτερη απ' αυτή στο μίσχο, ενώ στην κορυφή ήταν περίπου 6 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με το μίσχο. Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης σε όλα τα μέρη του φυτού που μελετήθηκαν παρουσίασε αυξομειώσεις αλλά όπως στο 1^ο και το 2^ο έτος δεν φαίνεται να επηρεαζόταν από το επίπεδο αλατότητας.

Πίνακας 3.3.10: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης ($\alpha + \beta$) στο έλασμα και το μίσχο των φύλλων και στην κορυφή των βλαστών ($\text{mg } 100\text{g νωπού βάρους}^{-1}$) το 3^ο έτος.

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Χλωροφύλλη ολική					
		Κορυφή		Έλασμα		Μίσχος	
3 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	110,93	b (b) *	155,14	c (a) *	19,04	abc (c) *
	2.0 dS (S1)	67,15	c (b) *	144,28	c (a) *	24,91	a (c)
	4.0 dS (S2)	143,82	a (b) *	191,38	ab (a) *	22,19	ab (c) *
	6.0 dS (S3)	126,00	ab (b) *	163,98	bc (a)	12,86	bc (c) *
	8.0 dS (S4)	106,02	b (b) *	204,33	a (a) *	10,8	c (c) *
3 ^ο έτος άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	230,85	d (b)	330,47	c (a)	75,58	a (c)
	2.0 dS (S1)	406,34	a (b)	542,15	a (a)	36,11	b (c)
	4.0 dS (S2)	310,43	bc (b)	408,21	b (a)	48,30	b (c)
	6.0 dS (S3)	251,08	cd (a)	184,51	d (b)	60,48	ab (c)
	8.0 dS (S4)	349,08	ab (a)	287,71	c (b)	43,76	b (c)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε εποχή χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε εποχής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Καροτενοειδή

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.3.11 η αύξηση της αλατότητας στο 2^ο έτος δεν επηρέασε τη συγκέντρωση των καροτενοειδών στα φύλλα του άνηθου το φθινόπωρο, ενώ την άνοιξη παρατηρήθηκε μείωση στις υψηλότερες συγκεντρώσεις NaCl (4 και 6 dS m^{-1}). Η σύγκριση των εποχών σποράς οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η συγκέντρωση των καροτενοειδών μειώθηκε την άνοιξη στις υψηλές συγκεντρώσεις αλατότητας (S2 και S3).

Πίνακας 3.3.11: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των καροτενοειδών στα φύλλα ($\text{mg } 100\text{g νωπού βάρους}^{-1}$) το 2^ο έτος.

Μεταχείριση	2 ^ο έτος Φθινόπωρο		2 ^ο έτος Άνοιξη	
Μάρτυρας (S0)	18.34	a (a)	20,92	a (a)
2.0 dS (S1)	23.32	a (a)	21,17	a (a)
4.0 dS (S2)	20.45	a (a)	15,91	b (b)
6.0 dS (S3)	22.92	a (a)	18,29	b (b)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Με εξαίρεση την κορυφή του βλαστού όπου προέκυψε σχετική αύξηση στην συγκέντρωση των καροτενοειδών στις εφαρμογές με NaCl σε σχέση με το μάρτυρα το φθινόπωρο του 3^{ου} έτους και την άνοιξη μέχρι τα 4,0 dS m^{-1} , δεν υπήρξε επίδραση της αλατότητας στα καροτενοειδή στο έλασμα ή στο μίσχο των φύλλων ανεξάρτητα από την εποχή (πίνακας 3.3.12).

Συγκρίνοντας τη συγκέντρωση των καροτενοειδών στα μέρη του φυτού καταλήξαμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις ο μίσχος έχει πιο χαμηλές τιμές σε σχέση με το έλασμα και την κορυφή ανεξάρτητα από το επίπεδο αλατότητας. Τέλος, η συγκέντρωση των καροτενοειδών ήταν σημαντικά υψηλότερη σε όλα τα μέρη του φυτού την άνοιξη σε σχέση με το φθινόπωρο.

Πίνακας 3.3.12: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των καροτενοειδών στο έλασμα και το μίσχο των φύλλων και στην κορυφή των βλαστών (mg 100g νωπού βάρους⁻¹) το 3^ο έτος.

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Κορυφή	Έλασμα	Μίσχος
3 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	19,48 b (a) *	17,00 b (a) *	2,03 a (b) *
	2.0 dS (S1)	24,02 a (a) *	14,81 b (b) *	2,34 a (c) *
	4.0 dS (S2)	20,63 ab (a) *	17,41 b (b) *	1,99 a (c) *
	6.0 dS (S3)	23,89 a (a) *	23,20 a (a) *	1,63 a (b) *
	8.0 dS (S4)	23,78 a (a) *	17,90 b (b) *	1,90 a (c) *
3 ^ο έτος άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	26,07 cd (a)	24,89 b (a)	8,17 a (b)
	2.0 dS (S1)	53,87 a (a)	39,91 a (b)	3,35 cd (c)
	4.0 dS (S2)	38,01 b (a)	34,03 a (a)	3,83 bc (b)
	6.0 dS (S3)	19,59 d (a)	20,18 b (a)	0,90 d (b)
	8.0 dS (S4)	32,09 bc (a)	26,09 b (a)	6,31 ab (b)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης για κάθε εποχή χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε εποχής και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Βιταμίνη C

Στη φθινοπωρινή καλλιέργεια η συγκέντρωση της βιταμίνης C αυξήθηκε στην παρουσία της αλατότητας με μέγιστη τιμή στη μεταχείριση S1 το 1^ο έτος και S3 το 2^ο έτος (πίνακας 3.3.13). Αντίθετα, την άνοιξη του 1^{ου} έτους δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση της αύξησης της αλατότητας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C, ενώ στο 2^ο έτος σημειώθηκε μέγιστη τιμή στη μεταχείριση S2 (4.0 dS m⁻¹).

Συγκρίνοντας τη συγκέντρωση της βιταμίνης C στις δύο εποχές σποράς για κάθε έτος καταλήξαμε ότι στο 1^ο έτος την άνοιξη ήταν αυξημένη σε σχέση με το φθινόπωρο αλλά όχι το 2^ο έτος.

Όπως προκύπτει από τα δεδομένα του πίνακα 3.3.14, η αύξηση της αλατότητας δεν είχε συγκεκριμένη επίδραση στη συγκέντρωση της βιταμίνης C στα διάφορα μέρη του φυτού (κορυφή, έλασμα και μίσχος των φύλλων) προκαλώντας είτε αύξηση είτε μείωση σε σχέση με το μάρτυρα ή καμία διαφορά ανεξάρτητα από την εποχή. Συγκρίνοντας τις δύο εποχές σποράς καταλήξαμε ότι την άνοιξη αυξήθηκε σημαντικά η συγκέντρωση της βιταμίνης C σε σχέση με το φθινόπωρο στις κορυφές και τα ελάσματα (εκτός από τη μεταχείριση S3). Και

στις δύο εποχές η συγκέντρωση της βιταμίνης C ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στο έλασμα και μικρότερη στο μίσχος των φύλλων. Στις κορυφές και τα ελάσματα η συγκέντρωση της βιταμίνης C ήταν μεγαλύτερη στο 1^ο έτος σε σύγκριση με το 2^ο έτος.

Πίνακας 3.3.13: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C στα φύλλα (mg 100g νωπού βάρους⁻¹) το 1^ο και 2^ο έτος.

		Φθινοπωρινή σπορά	Ανοιξιότικη σπορά
1 ^ο έτος	Μάρτυρας (S0)	24,11 c (b)	269,86 a (a)
	1.5 dS (S1)	115,43 a (b)	304,14 a (a)
	3.0 dS (S2)	75,31 b (b)	237,00 a (a)
	4.5 dS (S3)	63,77 b (b)	332,00 a (a)
2 ^ο έτος	Μάρτυρας (S0)	172,25 c (a)	126,86 d (a)
	2.0 dS (S1)	219,27 b (a)	205,72 b (a)
	4.0 dS (S2)	227,17 b (a)	229,33 a (a)
	6.0 dS (S3)	279,87 a (a)	153,40 c (b)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Πίνακας 3.3.14: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C στο έλασμα και το μίσχο των φύλλων και στην κορυφή των βλαστών (mg 100g νωπού βάρους⁻¹) το 3^ο έτος.

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Κορυφή	Έλασμα	Μίσχος
3 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	104,38 a (b) *	146,73 ab (a) *	25,33 a (c)
	2.0 dS (S1)	65,71 b (b) *	166,67 a (a) *	24,70 a (c)
	4.0 dS (S2)	93,78 a (b) *	121,65 b (a) *	24,57 a (c)
	6.0 dS (S3)	77,90 b (b) *	114,92 b (a)	24,57 a (c) *
	8.0 dS (S4)	73,08 b (b) *	139,62 ab (a) *	20,76 a (c) *
3 ^ο έτος άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	221,84 b (b)	344,95 a (a)	32,44 a (c)
	2.0 dS (S1)	149,30 c (b)	260,89 b (a)	22,32 b (c)
	4.0 dS (S2)	292,38 a (a)	325,71 ab (a)	20,51 b (b)
	6.0 dS (S3)	124,19 c (a)	114,41 c (a)	11,30 c (b)
	8.0 dS (S4)	311,24 a (a)	254,98 b (b)	29,78 a (c)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε εποχή χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε εποχής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Ολικά φαινολικά

Η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών τόσο το φθινόπωρο όσο και την άνοιξη του δεύτερου έτους του πειράματος (πίνακας 3.3.15) αυξήθηκε στη μεταχείριση S1 (2.0 dS m⁻¹) σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ το φθινόπωρο παρατηρήθηκε μείωση στις τιμές των φαινολικών στα υψηλά επίπεδα αλατότητας (4,0-6,0 dS m⁻¹). Δεν υπήρξε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο εποχών σε καμία επέμβαση με αλατότητα.

Πίνακας 3.3.15: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών στα φύλλα (mg 100g νωπού βάρους⁻¹) στο 2^ο έτος.

Λίπανση	2 ^ο έτος Φθινόπωρο	2 ^ο έτος Άνοιξη
Μάρτυρας (S0)	230.03 b (a)	197,69 b (a)
2.0 dS (S1)	259.00 a (a)	295,69 a (a)
4.0 dS (S2)	176.38 c (a)	183,28 b (a)
6.0 dS (S3)	189.90 c (a)	200,31 b (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.3.16, το φθινόπωρο του 3^{ου} έτους η συγκέντρωση των φαινολικών αυξήθηκε σε όλους τους ιστούς του εναέριου φυτού παρουσία της αλατότητας με μέγιστη τιμή στα επίπεδα των 6,0 dS m⁻¹. Σε αντίθεση την άνοιξη η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών αυξήθηκε μόνο στις κορυφές στο επίπεδο των 8 dS m⁻¹, ενώ στο έλασμα υπήρξε σχετική μείωση και στον μίσχο δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση της αλατότητας.

Συγκρίνοντας την συγκέντρωση των ολικών φαινολικών στα μέρη του φυτού καταλήξαμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις ο μίσχος είχε τη χαμηλότερη τιμή, ενώ ανάμεσα στο έλασμα και την κορυφή σημειώθηκε μεγαλύτερη τιμή στο μάρτυρα και στις δυο εποχές και στη μεταχείριση S1 την άνοιξη.

Κατά τη σύγκριση των μετρήσεων μεταξύ των δύο εποχών σποράς παρατηρήθηκε χαμηλότερη συγκέντρωση φαινολικών σε όλους τους ιστούς των φυτών της φθινοπωρινής καλλιέργειας στα χαμηλά επίπεδα αλατότητας (S0, S1, S2) αλλά όχι πάντοτε σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο. Ωστόσο, στα υψηλότερα επίπεδα αλατότητας (S3, S4) η συγκέντρωση των φαινολικών ήταν χαμηλότερη στο έλασμα και στις κορυφές την άνοιξη.

Πίνακας 3.3.16: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών στο έλασμα και το μίσχο των φύλλων και στην κορυφή των βλαστών (mg 100g νωπού βάρους⁻¹) το 3^ο έτος.

	Μεταχείριση	Κορυφή	Έλασμα	Μίσχος
3 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	201,28 c (b)	229,69 b (a) *	14,84 cd (c) *
	2.0 dS (S1)	205,62 c (a)	199,48 b (a) *	17,95 c (b)
	4.0 dS (S2)	187,07 c (a) *	181,28 c (a)	7,76 d (b) *
	6.0 dS (S3)	333,48 a (a) *	303,48 a (a) *	42,38 a (b)
	8.0 dS (S4)	270,86 b (a)	325,28 a (a) *	32,86 b (b)
3 ^ο έτος άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	225,34 b (b)	301,00 a (a)	60,17 a (c)
	2.0 dS (S1)	218,93 b (b)	265,21 b (a)	29,35 b (c)
	4.0 dS (S2)	236,66 b (a)	196,10 c (b)	43,21 ab (c)
	6.0 dS (S3)	255,83 ab (a)	248,24 b (a)	28,45 b (b)
	8.0 dS (S4)	279,28 a (a)	264,31 b (a)	42,26 ab (b)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε εποχή χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Ο (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε εποχής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Φλαβονοειδή

Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των φλαβονοειδών (πίνακας 3.3.17) μελετήθηκε σε φυτά που καλλιεργήθηκαν σε σύστημα επίπλευσης, με τρεις μεταχειρίσεις: μάρτυρας (2 dS m^{-1}), 4 και 8 dS m^{-1} . Την άνοιξη, η συγκέντρωση της κουαρσετίνης στο έλασμα μειώθηκε με την εφαρμογή της αλατότητας σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ οι καμφερόλη και ισοραμνετίνη δεν επηρεάστηκαν. Το φθινόπωρο, η αύξηση της αλατότητας στα 8 dS m^{-1} προκάλεσε αύξηση της συγκέντρωσης των κουαρσετίνης (μη σημαντική σε σχέση με το μάρτυρα) και καμφερόλη, ενώ μειώθηκε η ισοραμνετίνη. Η σύγκριση των εποχών σποράς έδειξε μείωση το φθινόπωρο σε σχέση με την άνοιξη σε όλες τις μεταχειρίσεις στην κουαρσετίνη, και στη καμφερόλη στο μάρτυρα και το S1.

Πίνακας 3.3.17: Επίδραση της εφαρμοζόμενης αλατότητας στη συγκέντρωση των φλαβονοειδών ουσιών στα φύλλα ($\text{mg } 100\text{g ξηρού βάρους}^{-1}$).

Μεταχείριση	Έλασμα					
	Κουαρσετίνη		Καμφερόλη		Ισοραμνετίνη	
	Άνοιξη	Φθινόπωρο	Άνοιξη	Φθινόπωρο	Άνοιξη	Φθινόπωρο
S0 (2 dS m^{-1})	266,85 a (a)	73,10 ab (b)	53,57 a (a)	45,11 b (b)	60,33 a (a)	50,34 a (a)
S1 (4 dS m^{-1})	105,03 c (a)	67,12 b (b)	52,29 a (a)	44,87 b (b)	47,59 a (a)	49,70 a (a)
S2 (8 dS m^{-1})	184,13 b (a)	88,47 a (b)	54,81 a (a)	51,51 a (a)	63,33 a (a)	42,27 b (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής για κάθε ουσία χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Αιθέρια έλαια

Ποσοτική ανάλυση αιθέρων ελαίων

Στον πίνακα 3.3.18 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την απόσταξη των δειγμάτων του πειράματος το φθινόπωρο του 2010. Στο συγκεκριμένο πείραμα η συγκομιδή του ελάσματος το φθινόπωρο έγινε κατά το στάδιο της ανάπτυξης των φυτών (πριν την έναρξη της ανάπτυξης του ανθικού στελέχους), ενώ έμειναν 10 φυτά από κάθε μεταχείριση τα οποία έφτασαν στο στάδιο της άνθησης και της καρποφορίας. Στο έλασμα δεν παρατηρήθηκε καμία αξιόλογη μεταβολή, ενώ στα άνθη φαίνεται σημαντική μείωση στον μάρτυρα σε σχέση με τις επεμβάσεις αλατότητας. Στους καρπούς η αύξηση της απόδοσης των αιθέρων ελαίων συνεχίζεται μέχρι τη μέγιστη αλατότητα, ενώ στους σπόρους είναι σημαντική η διαφορά μεταξύ του μάρτυρα και της αλατότητας S1, καθώς δεν υπήρχε αρκετό υλικό από τις μεταχειρίσεις S2 και S3.

Πίνακας 3.3.18: Επίδραση της αλατότητας στην ποσότητα των αιθέριων ελαίων που απομονώθηκαν με απόσταξη από το έλασμα των φύλλων, τα άνθη, τους καρπούς, και τους σπόρους (ml 100g νωπού βάρους⁻¹).

Μεταχείριση	Φθινοπωρινή σπορά			
	Έλασμα	Άνθη	Καρποί	Σπόροι
Μάρτυρας (S0)	0,119 a (d)	0,740 b (c)	1,098 c (b)	2,218 b (a)
2.0 dS (S1)	0,100 a (d)	0,954 a (c)	1,224 c (b)	3,563 a (a)
4.0 dS (S2)	0,132 a (c)	0,836 a (b)	2,973 b (a)	nd
6.0 dS (S3)	0,140 a (c)	0,933 a (b)	4,44 a (a)	nd

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

- nd: μη προσδιορισμός της ουσίας λόγω μη επαρκούς ποσότητας υλικού.

Την άνοιξη δεν υπήρχε αρκετό φυτικό υλικό για επανάληψη των μεταχειρίσεων και για αυτό το λόγο δε μπόρεσε να γίνει στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Από τον πίνακα 3.3.19 φαίνεται μια τάση αύξησης της απόδοσης στο έλασμα στο S3, ενώ στα άνθη παρατηρήθηκε μικρότερη απόδοση στον μάρτυρα σε σχέση με τις μεταχειρίσεις αλατότητας.

Πίνακας 3.3.19: Επίδραση της αλατότητας στην ποσότητα των αιθέριων ελαίων που απομονώθηκαν με απόσταξη από τα φύλλα και τα άνθη (ml 100g νωπού βάρους⁻¹).

Μεταχείριση	Ανοιξιάτικη σπορά	
	Έλασμα	Άνθη
Μάρτυρας (S0)	0,37	0,73
1.5 dS (S1)	0,13	0,93
3.0 dS (S2)	0,20	1,09
4.5 dS (S3)	1,29	0,96

Ποιοτική ανάλυση αιθέριων ελαίων

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ποιοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων σε GC-MS από το πείραμα του φθινοπώρου του 2010. Αναφέρονται τα % της κάθε ουσίας και όχι mg 100g f.m.⁻¹ επειδή δεν υπήρχε δυνατότητα για ανάλυση όλων των δειγμάτων σε FID.

Στον πίνακα 3.3.20 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη ποιοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων στο έλασμα. Στα φύλλα οι βασικές ουσίες ήταν οι α φελλανδρένιο (63,3-70,2%), β φελλανδρένιο (12,1-12,9%) και ανηθοφουράνιο (8,8-12,2%). Οι ουσίες α θουγένιο, α πινένιο, β πινένιο, β μυρκένιο και α φελλανδρένιο ήταν σημαντικά αυξημένες στις αυξημένες μεταχειρίσεις S2 και S3 σε σχέση με τον μάρτυρα και το S1. Το σαβινένιο παρουσίασε αύξηση μόνο στην αλατότητα S3. Οι ουσίες π κυμένιο, β φελλανδρένιο, τερπινολένιο και germacrene D δεν επηρεάστηκαν από την αύξηση της αλατότητας, ενώ το ανηθοφουράνιο μειώθηκε στις επεμβάσεις S2 και S3 σε σχέση με το μάρτυρα.

Πίνακας 3.3.20: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των συστατικών του αιθέριου ελαίου (%) το φθινόπωρο στο έλασμα.

A/A	ΟΥΣΙΕΣ	X.E. (min)	Μάρτυρας (S0)	2.0 dS (S1)	4.0 dS (S2)	6.0 dS (S3)
1	α- θουγένιο	8,10	0,129 b	0,146 b	0,233 a	0,227 a
2	α - πινένιο	8,37	1,297 b	1,349 b	2,056 a	2,128 a
3	σαβινένιο	9,52	nd	0,048 b	0,048 b	0,063 a
4	β-πινένιο	9,90	0,014 c	0,061 b	0,155 a	0,141 a
5	β-μυρκένιο	10,40	0,544 b	0,640 b	0,805 a	0,813 a
6	α-φελλανδρένιο	11,50	63,272 b	66,954 ab	69,773 a	70,160 a
7	π-κυμένιο	11,90	0,706 a	1,053 a	0,974 a	0,813 a
8	β-φελλανδρένιο	12,30	12,075 a	12,853 a	12,698 a	12,883 a
9	Τερπινολένιο	15,90	0,228 a	0,129 a	0,161 a	0,131 a
10	Ανηθοφουράνιο	19,50	12,166 a	11,062 ab	8,799 b	9,757b
11	Γερμακρένιο D	34,53	0,253 a	0,471 a	0,436 a	0,454 a

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

- nd: μη προσδιορισμός της ουσίας λόγω μη ανίχνευσης από το GC-MS. X.E.: Χρόνος έκλουσης.

Στα άνθη η σύσταση των αιθέριων ελαίων άλλαξε σε σχέση με το έλασμα (πίνακας 3.3.21). Οι κύριες ουσίες ήταν οι α φελλανδρένιο (15,9-35,3%), λιμονένιο (32-37,6%), ανηθοφουράνιο (3,9-10,2%) και καρβόνη (22,9-40,6%). Η αύξηση της αλατότητας προκάλεσε μείωση της συγκέντρωσης των ουσιών α πινένιο, α φελλανδρένιο και ανηθοφουράνιο στις αλατότητας με 4 και 6 dS m⁻¹ σε σχέση με το μάρτυρα. Η καρβόνη αυξήθηκε με την εφαρμογή της αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ η transδιύδρο carvone εμφάνισε μέγιστη τιμή στο S1. Οι υπόλοιπες ουσίες δεν επηρεάστηκαν από την εφαρμογή της αλατότητας.

Οι ουσίες α θουγένιο και π κυμένιο οι οποίες προσδιορίστηκαν στο έλασμα, στα άνθη υπάρχουν σε πολύ χαμηλές ποσότητες (σχεδόν σε ίχνη) και όχι σε όλα τα δείγματα και για αυτό το λόγο δεν εμφανίζονται στον πίνακα. Επίσης, στα 6 dS m⁻¹ προσδιορίστηκε η ουσία μυρισισίνη σε ποσοστό 8,6%, αλλά όχι στις υπόλοιπες επεμβάσεις.

Πίνακας 3.3.22: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των συστατικών του αιθέριου ελαίου (%) το φθινόπωρο στα άνθη.

A/A	ΟΥΣΙΕΣ	X.E. (min)	Μάρτυρας (S0)	2.0 dS (S1)	4.0 dS (S2)	6.0 dS (S3)
1	α - πινένιο	8,37	0,789 a	0,668 a	0,364 b	0,422 b
2	β-μυρκένιο	10,40	0,372 a	0,362 a	0,293 a	0,317 a
3	α-φελλανδρένιο	11,50	35,255 a	32,414 a	17,662 b	15,850 b
4	Λιμονένιο	11,89	31,997 a	33,529 a	34,099 a	37,549 a
5	π-κυμενένιο	14,20	0,080 a	0,074 a	0,069 a	0,061 a
6	Ανηθοφουράνιο	19,50	10,173 a	5,800 b	3,903 c	4,255 bc
7	Cis-διύδρο carvone	20,16	0,310 a	0,309 a	0,301 a	0,254 a
8	Trans-διύδρο carvone	21,48	1,682 b	2,337 a	2,169 ab	1,677 b
9	Καρβόνη	21,78	22,891 b	32,644 a	40,575 a	36,320 a
10	Trans- οξεικός καρβυλ εστέρας	23,74	0,078 a	0,043 a	0,152 a	0,073 a
11	Cis- οξεικός καρβυλ εστέρας	24,05	0,233 a	0,104 a	0,096 a	0,152 a
12	Γερμακρένιο D	34,53	0,104 a	0,053 a	0,189 a	0,060 a

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Στους ώριμους καρπούς οι κύριες ουσίες που προσδιορίστηκαν ήταν το λιμονένιο (39,4-42,7%) και η καρβόνη (40,3-55%). Το α φελλανδρένιο εμφάνισε μέγιστη τιμή στο S1, ενώ στο ανηθοφουράνιο παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης σε σχέση με τον μάρτυρα. Η cisδιύδρο καρβόνη μειώθηκε με την εφαρμογή της αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ οι υπόλοιπες ουσίες δεν επηρεάστηκαν από την εφαρμογή της αλατότητας.

Οι ουσίες α πινένιο, π κυμενένιο, trans-οξεικόσ καρβυλ εστέρας και cis-οξεικόσ καρβυλ εστέρας, οι οποίες προσδιορίστηκαν στα άνθη, στους καρπούς υπάρχουν σε πολύ χαμηλές ποσότητες (σχεδόν σε ίχνη) και όχι σε όλα τα δείγματα και για αυτό το λόγο δεν εμφανίζονται στον πίνακα 3.3.23. Ακόμη, έγινε προσδιορισμός της σύστασης των αιθέριων ελαίων σε ανώριμους καρπούς άνηθου, μόνο στο μάρτυρα και το S1 λόγω έλλειψης δειγμάτων, όπου βρέθηκαν οι ουσίες α πινένιο (0,2-0,3%), β μυρκένιο (0,02-0,15%), α φελλανδρένιο (11,3-15,4%), λιμονένιο (40-44,1%), ανηθοφουράνιο (2,1%), cisδιύδρο καρβόνη (0,2-0,4%), transδιύδρο καρβόνη (1,9-2%) και καρβόνη (41,1-44,7%).

Πίνακας 3.3.23: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των συστατικών του αιθέριου ελαίου (%) το φθινόπωρο στους ώριμους καρπούς.

A/A	ΟΥΣΙΕΣ	X.E. (min)	Μάρτυρας (S0)	2.0 dS (S1)	4.0 dS (S2)	6.0 dS (S3)
1	β-μυρκένιο	10,40	0,380 a	0,168 a	0,370 a	nd
2	α-φελλανδρένιο	11,50	1,487 b	14,441 a	1,269 b	1,824 b
3	Λιμονένιο	11,89	42,672 a	41,353 a	39,373 a	40,573 a
4	Ανηθοφουράνιο	19,50	0,543 b	1,026 a	1,921 a	nd
5	Cis-διύδρο καρβόνη	20,16	0,596 a	0,189 b	0,280 b	nd
6	Trans-διύδρο καρβόνη	21,48	2,298 a	2,027 a	2,413 a	2,344 a
7	Καρβόνη	21,78	50,727 a	40,340 a	50,566 a	54,984 a

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

- nd: μη προσδιορισμός της ουσίας λόγω μη ανίχνευσης από το GC-MS. X.E.: Χρόνος έκλουσης.

Στους σπόρους έγινε προσδιορισμός των ουσιών μόνο στις δύο χαμηλές επεμβάσεις αλατότητας λόγω έλλειψης επαρκούς υλικού (πίνακας 3.3.24). Οι κύριες ουσίες στους σπόρους ήταν οι α φελλανδρένιο (8,6-9,8%), λιμονένιο (40,8-43,4%) και καρβόνη (44,1-47%). Η επίδραση η οποία ήταν εμφανής στις ουσίες π κυμενένιο, cisδιύδρο καρβόνη και transδιύδρο καρβόνη ήταν η μείωση στα 2 dS m⁻¹ σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ οι υπόλοιπες ουσίες δεν επηρεάστηκαν από την αύξηση της αλατότητας. Οι ουσίες trans-οξεικόσ καρβυλ εστέρας και cis-οξεικόσ καρβυλ εστέρας οι οποίες προσδιορίστηκαν στα άνθη και στους καρπούς, στους σπόρους φαίνεται να υπάρχουν σε πολύ χαμηλές ποσότητες (σχεδόν σε ίχνη) και όχι σε όλα τα δείγματα και για αυτό το λόγο δεν εμφανίζονται στον πίνακα.

Πίνακας 3.3.24: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των συστατικών του αιθέριου ελαίου (%) το φθινόπωρο στους σπόρους.

A/A	ΟΥΣΙΕΣ	X.E. (min)	Μάρτυρας (S0)	2.0 dS (S1)	4.0 dS (S2)	6.0 dS (S3)
1	α-πινένιο	8,37	0,216 a	0,247 a	nd	nd
2	β-μυρκένιο	10,40	0,146 a	0,182 a	nd	nd
3	α-φελλανδρένιο	11,50	8,624 a	9,778 a	nd	nd
4	Λιμονένιο	11,89	40,802 a	43,362 a	nd	nd
5	π-κυμενένιο	14,20	0,147 a	0,113 b	nd	nd
6	Ανηθοφουράνιο	19,50	0,267 a	0,314 a	nd	nd
7	Cis-διύδρο καρβόνη	20,16	0,464 a	0,212 b	nd	nd
8	Trans-διύδρο καρβόνη	21,48	2,381 a	1,666 b	nd	nd
9	Καρβόνη	21,78	46,959 a	44,056 a	nd	nd

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

- nd: μη προσδιορισμός της ουσίας λόγω μη επαρκούς ποσότητας υλικού.

Στην ποιοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων από το έλασμα στο πείραμα της άνοιξης (2009) δεν έγινε στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων καθώς στο μάρτυρα και τα 4.5 dS m^{-1} υπήρχε μόνο μια επανάληψη, ενώ στα 1,5 και 3 dS m^{-1} δύο επαναλήψεις. Από τον πίνακα 3.3.25 προκύπτει ότι οι βασικές ουσίες στο έλασμα την άνοιξη ήταν οι α πινένιο (2-3,3%), α φελλανδρένιο (22-42,1%), π κυμένιο (8,1-20%), β φελλανδρένιο (6,6-17,9%), και ανηθοφουράνιο (19,4-22%).

Πίνακας 3.3.25: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των συστατικών του αιθέριου ελαίου (%) στο έλασμα την άνοιξη.

A/A	ΟΥΣΙΕΣ	X.E. (min)	Μάρτυρας (S0)	1.5 dS (S1)	3.0 dS (S2)	4.5 dS (S3)
1	α θουγένιο	8,10	0,208	0,334	0,200	0,284
2	α πινένιο	8,37	2,337	3,316	1,954	2,752
3	sabinene	9,52	nd	nd	0,090	0,091
4	β πινένιο	9,90	nd	0,297	0,132	0,172
5	β μυρκένιο	10,40	0,276	1,096	0,652	0,739
6	α φελλανδρένιο	11,50	42,108	22,003	38,479	40,771
7	π κυμένιο	11,90	8,054	19,933	17,969	11,346
8	β φελλανδρένιο	12,30	17,731	6,578	14,110	17,874
9	τερπινολένιο	15,90	nd	0,249	0,288	0,185
10	Ανηθοφουράνιο	19,50	20,462	20,791	19,375	21,967
11	Γερμακρένιο D	34,53	nd	nd	0,089	nd

- nd: μη προσδιορισμός της ουσίας λόγω έλλειψης δειγμάτων. X.E.: Χρόνος έκλουσης.

Στην ποιοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων από τα άνθη στο πείραμα της άνοιξης (2009) δεν έγινε στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων καθώς υπήρχε μόνο μια επανάληψη ανά μεταχείριση. Από τον πίνακα 3.3.26 προκύπτει ότι οι βασικές ουσίες στα άνθη την άνοιξη ήταν οι α πινένιο (1,3-1,5%), α φελλανδρένιο (31-34,2%), λιμονένιο (29,3-35,9%), ανηθοφουράνιο (13,5-20,2%) και η καρβόνη (9-19,8%).

Πίνακας 3.3.26: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των συστατικών του αιθέριου ελαίου (%) την άνοιξη στα άνθη.

A/A	ΟΥΣΙΕΣ	X.E. (min)	Μάρτυρας (S0)	1.5 dS (S1)	3.0 dS (S2)	4.5 dS (S3)
1	α-θουγένιο	8,10	0,152	0,134	0,121	0,127
2	α - πινένιο	8,37	1,529	1,515	1,389	1,247
3	β-μυρκενίο	10,40	0,586	0,506	0,529	0,477
4	α-φελλανδρένιο	11,50	32,842	34,187	31,707	30,925
5	Λιμονένιο	11,89	35,877	30,407	31,799	29,309
6	π-κυμενένιο	14,20	0,139	0,14	0,142	0,134
7	Ανηθοφουράνιο	19,50	17,336	20,145	13,530	15,242
8	Cis-διϋδρο καρβόνη	20,16	0,129	0,125	0,412	0,455
9	Trans-διϋδρο καρβόνη	21,48	0,724	0,931	1,052	1,034
10	Καρβόνη	21,78	8,994	9,868	18,617	19,823
11	Trans- οξεϊκός καρβυλ εστέρας	23,74	0,418	0,403	nd	nd
12	Cis- οξεϊκός καρβυλ εστέρας	24,05	0,255	0,254	0,089	0,081

- nd: μη προσδιορισμός της ουσίας λόγω μη ανίχνευσης από το GC-MS. X.E.: Χρόνος έκλουσης.

Συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων

Χλώριο

Η συγκέντρωση του χλωρίου αυξήθηκε στο έλασμα και το μίσχο με την αύξηση της αλατότητας με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση Cl⁻ στα 6-8 dS m⁻¹ (πίνακας 3.3.27) ανεξάρτητα από την εποχή. Στις κορυφές η συγκέντρωση του χλωρίου δεν επηρεάστηκε από την εφαρμογή της αλατότητας το φθινόπωρο του 2^{ου} έτους, ενώ αυξήθηκε στο S2 την άνοιξη του 2^{ου} έτους και σε αλατότητα >4 dS m⁻¹ στις δυο εποχές του 3^{ου} έτους (πίνακας 3.3.28).

Πίνακας 3.3.27: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση του χλωρίου στο έλασμα και το μίσχο των φύλλων και στην κορυφή των βλαστών (mg 100g νωπού βάρους⁻¹) το 2^ο έτος.

Μεταχείριση	2 ^ο έτος φθινόπωρο			
	Έλασμα		Κορυφή	
Μάρτυρας (S0)	28,01	c (a) *	nd [#]	31,70 d (a)
2.0 dS (S1)	16,22	d (d)	30,77 a (c)	46,19 c (b)
4.0 dS (S2)	41,07	b (c) *	45,06 a (c) *	69,29 b (a) *
6.0 dS (S3)	49,59	a (b) *	44,46 a (b) *	81,29 a (a) *
Μεταχείριση	2 ^ο έτος άνοιξη			
	Έλασμα		Κορυφή	
Μάρτυρας (S0)	36,22	b (a)	32,51 b (ab)	27,19 c (ab)
2.0 dS (S1)	19,18	c (c)	24,53 b (bc)	47,88 bc (a)
4.0 dS (S2)	64,28	a (b)	62,01 a (b)	137,57 a (a)
6.0 dS (S3)	58,46	a (b)	27,82 b (c)	100,75 ab (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος και εποχή χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε εποχής και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

nd[#]: δεν πραγματοποιήθηκε μέτρηση στη συγκεκριμένη μεταχείριση.

Με ελάχιστες εξαιρέσεις οι τιμές ήταν μεγαλύτερες στο μίσχος σε σχέση με το έλασμα και τις κορυφές, ενώ μεταξύ εποχών παρατηρήθηκε μεγαλύτερη συγκέντρωση χλωρίου σε όλους τους ιστούς στα επίπεδα 2-8 dS m⁻¹ την άνοιξη σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές του φθινοπώρου και με ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις χλωρίου στο επίπεδο των 8,0 dS m⁻¹ την άνοιξη του 3^{ου} έτους.

Πίνακας 3.3.28: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση του χλωρίου στο έλασμα και το μίσχο των φύλλων και στην κορυφή των βλαστών (mg 100g νωπού βάρους⁻¹) το 3^ο έτος.

3 ^ο έτος φθινόπωρο						
Μάρτυρας (S0)	17,60	d (a)	15,85	c (a)	20,40	e (a)
2.0 dS (S1)	26,65	d (a) *	18,54	c (b) *	34,51	d (a) *
4.0 dS (S2)	43,42	c (ab) *	29,82	b (b) *	60,54	c (a) *
6.0 dS (S3)	64,54	b (a) *	45,35	a (b) *	74,69	b (a) *
8.0 dS (S4)	76,53	a (a) *	53,06	a (b) *	86,84	a (a) *
3 ^ο έτος άνοιξη						
Μάρτυρας (S0)	29,22	d (a)	32,11	d (a)	nd [#]	
2.0 dS (S1)	53,59	cd (b)	39,03	cd (c)	68,31	c (a)
4.0 dS (S2)	74,57	bc (a)	59,36	bc (b)	85,34	b (a)
6.0 dS (S3)	94,87	b (b)	75,81	bc (c)	128,47	a (a)
8.0 dS (S4)	200,38	a (a)	166,83	a (a)	182,56	a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος και εποχή χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε εποχής και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

nd[#]: δεν πραγματοποιήθηκε μέτρηση στη συγκεκριμένη μεταχείριση.

Νάτριο

Γενικά η συγκέντρωση του νατρίου στα διάφορα μέρη του φυτού ήταν σχετικά μικρή στα χαμηλά επίπεδα αλατότητας (≤ 4 dS m⁻¹) και αυξήθηκε σημαντικά στα 6-8 dS m⁻¹ (πίνακας 3.3.29). Στις περισσότερες περιπτώσεις η συγκέντρωση νατρίου ήταν μεγαλύτερη στους μίσχους σε σχέση με το έλασμα και τις κορυφές καθώς και μεγαλύτερη την άνοιξη σε σχέση με το φθινόπωρο αλλά όχι πάντοτε σε στατιστικά σημαντικό βαθμό.

Πίνακας 3.3.29: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση του νατρίου στο έλασμα και το μίσχο των φύλλων και στην κορυφή των βλαστών (mg 100g νωπού βάρους⁻¹) το 2^ο και 3^ο έτος.

2^ο έτος φθινόπωρο						
Μεταχείριση	Έλασμα		Κορυφή	Μίσχος		
Μάρτυρας (S0)	13,26	c (c) *	16,68	c (b)	77,65	c (a) *
2.0 dS (S1)	13,62	c (b) *	20,73	c (b)	63,94	c (a) *
4.0 dS (S2)	39,65	b (c) *	50,77	b (b) *	149,30	b (a)
6.0 dS (S3)	91,07	a (b) *	64,62	a (b) *	188,81	a (a)
2^ο έτος άνοιξη						
Μάρτυρας (S0)	25,26	c (bc)	9,50	c (c)	132,01	a (a)
2.0 dS (S1)	29,14	c (d)	19,43	c (d)	153,81	a (a)
4.0 dS (S2)	92,61	b (c)	102,39	b (c)	172,82	a (b)
6.0 dS (S3)	229,81	a (c)	144,19	a (c)	141,26	a (b)
3^ο έτος φθινόπωρο						
Μάρτυρας (S0)	15,03	d (b) *	10,30	d (b)	58,35	e (a)
2.0 dS (S1)	31,09	d (b) *	14,65	d (c) *	82,83	d (a) *
4.0 dS (S2)	134,14	c (a) *	37,64	c (b) *	155,43	c (a) *
6.0 dS (S3)	233,54	b (a) *	80,61	b (b) *	208,97	b (a) *
8.0 dS (S4)	306,00	a (a)	110,12	a (c) *	238,00	a (b) *
3^ο έτος άνοιξη						
Μάρτυρας (S0)	19,68	e (a)	11,37	d (b)	nd [#]	
2.0 dS (S1)	67,96	d (b)	23,70	d (c)	117,05	d (a)
4.0 dS (S2)	174,56	c (b)	80,45	c (c)	542,71	c (a)
6.0 dS (S3)	387,71	a (b)	151,38	b (c)	1371,82	b (a)
8.0 dS (S4)	278,35	b (b)	289,72	a (b)	897,63	a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος και εποχή χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε εποχής και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

nd[#]: δεν πραγματοποιήθηκε μέτρηση στη συγκεκριμένη μεταχείριση.

Κάλιο

Με εξαίρεση την άνοιξη του 3^{ου} έτους (οπού λόγω έλλειψης ιστού στον μίσχο δεν υπήρξε μάρτυρας) η συγκέντρωση του καλίου μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας ανεξάρτητα από την εποχή στο μίσχο (πίνακας 3.3.30). Στο έλασμα η συγκέντρωση του καλίου δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας την άνοιξη του 2^{ου} έτους, ενώ στο 3^ο έτος μειώθηκε κατά τη φθινοπωρινή καλλιέργεια και αυξήθηκε στη μεταχείριση με πολύ υψηλή αλατότητα (8 dS m⁻¹) την άνοιξη. Παρόμοια στις κορυφές δεν παρατηρήθηκε καμία μεταβολή στη συγκέντρωση του καλίου παρά μόνο την άνοιξη του 3^{ου} έτους οπού προέκυψε αύξηση στα υψηλά επίπεδα αλατότητας (6-8 dS m⁻¹).

Η σύγκριση της συγκέντρωσης του καλίου στα διάφορα μέρη του φυτού οδήγησε στο συμπέρασμα ότι το φθινόπωρο η συγκέντρωση του καλίου ήταν χαμηλότερη στο μίσχο σε σχέση με το έλασμα ή τις κορυφές, αλλά όχι πάντοτε σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο.

Ωστόσο την άνοιξη η συγκέντρωση καλίου διακυμάνθηκε μεταξύ των ιστών χωρίς να παρουσιάσει συγκεκριμένη τάση.

Η σύγκριση των εποχών σποράς έδειξε ότι την άνοιξη υπήρξε αύξηση της συγκέντρωσης του καλίου σε σχέση με το φθινόπωρο σε όλες τις μεταχειρίσεις τόσο στα έλασμα όσο και στις κορυφές και τους μίσχους. Ωστόσο η αύξηση αυτή ήταν στατιστικά σημαντική μόνο στο 3^ο έτος.

Πίνακας 3.3.30: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση του καλίου στο έλασμα και το μίσχο των φύλλων και στην κορυφή των βλαστών (mg 100g νωπού βάρους⁻¹) το 2^ο και 3^ο έτος.

Μεταχείριση	2 ^ο έτος φθινόπωρο		
	Έλασμα	Κορυφή	Μίσχος
Μάρτυρας (S0)	636,39 b (a)	622,52 a (a)	575,38 a (a)
2.0 dS (S1)	709,18 a (a)	653,83 a (a)	577,92 a (a)
4.0 dS (S2)	710,72 a (a)	618,05 a (a)	453,04 b (b)
6.0 dS (S3)	581,31 b (a)	781,10 a (a)	426,44 b (b)
2 ^ο έτος άνοιξη			
Μάρτυρας (S0)	789,37 a (b)	769,84 a (b)	1136,39 a (a)
2.0 dS (S1)	nd [#]	nd [#]	1199,74 a
4.0 dS (S2)	774,66 a (b)	907,76 a (a)	891,54 b (a)
6.0 dS (S3)	729,98 a (b)	866,40 a (a)	772,63 b (ab)
3 ^ο έτος φθινόπωρο			
Μάρτυρας (S0)	744,01 a (a) *	512,06 ab (c) *	586,19 a (b)
2.0 dS (S1)	661,58 b (a) *	487,49 b (b) *	514,64 b (b) *
4.0 dS (S2)	536,50 c (a) *	513,72 ab (a) *	454,50 c (b) *
6.0 dS (S3)	460,02 d (b) *	572,56 a (a) *	398,69 d (b) *
8.0 dS (S4)	394,29 d (b) *	538,47 ab (a) *	374,34 d (b) *
3 ^ο έτος άνοιξη			
Μάρτυρας (S0)	1284,22 b (a)	1120,93 b (a)	nd [#]
2.0 dS (S1)	967,97 d (b)	928,71 c (b)	1076,83 b (a)
4.0 dS (S2)	1099,40 c (ab)	1192,14 b (a)	1054,60 b (b)
6.0 dS (S3)	1238,76 b (b)	1387,55 a (a)	1311,99 a (ab)
8.0 dS (S4)	1446,60 a (a)	1361,28 a (a)	1335,04 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος και εποχή χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε εποχής και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

nd[#]: δεν πραγματοποιήθηκε μέτρηση στη συγκεκριμένη μεταχείριση.

Ιχνοστοιχεία

Στο φθινόπωρο του δεύτερου έτους έγινε προσδιορισμός των στοιχείων ασβέστιο, μαγνήσιο, σίδηρο, μαγγάνιο και ψευδάργυρο. Από τα δεδομένα του πίνακα 3.3.31 διαπιστώνεται ότι η συγκέντρωση του ασβεστίου και του μαγνησίου ακολούθησαν παρόμοια πορεία σε όλους τους ιστούς, δηλαδή σχετική μείωση στο μίσχο με αύξηση της αλατότητας χωρίς επιρροή στο έλασμα και στις κορυφές (με εξαίρεση το έλασμα στη μεταχείριση S2

οπού σημειώθηκε αύξηση των δυο στοιχείων). Στα χαμηλά επίπεδα αλατότητας (S0, S1) η συγκέντρωση του ασβεστίου ήταν όμοια στο έλασμα και στο μίσχο και μειωμένη στις κορυφές, ενώ στο επίπεδο 6 dS m⁻¹ (S3) δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ιστών. Σε αντίθεση, η συγκέντρωση του μαγνησίου ήταν υψηλότερη στο έλασμα και μικρότερη στο μίσχο σε όλα τα επίπεδα αλατότητας.

Η συγκέντρωση του σιδήρου μειώθηκε στο έλασμα και στις κορυφές παρουσία του NaCl, ενώ στο μίσχο δεν επηρεάστηκε. Ανεξάρτητα από το επίπεδο αλατότητας, οι τιμές του σιδήρου ήταν μεγαλύτερες στο έλασμα σε σχέση με αυτές στο μίσχο και στις κορυφές. Όσον αφορά στο μαγγάνιο και το ψευδάργυρο δεν διαπιστώθηκε συγκεκριμένη μεταβολή, με εξαίρεση μια σχετική μείωση στη συγκέντρωση του ψευδαργύρου στο έλασμα παρουσία του NaCl στο νερό άρδευσης. Η συγκέντρωση του μαγγανίου ήταν πάντοτε υψηλότερη στο έλασμα και μικρότερη στο μίσχο ανεξάρτητα από το επίπεδο αλατότητας, ενώ η συγκέντρωση του ψευδαργύρου ήταν όμοια στο έλασμα και στις κορυφές στα επίπεδα 2-6 dS m⁻¹ (S1-S3) αλλά μικρότερη στο μίσχο ανεξάρτητα από την αλατότητα.

Πίνακας 3.3.31: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων στο έλασμα και το μίσχο των φύλλων και στην κορυφή των βλαστών (mg 100g νωπού βάρους⁻¹) το φθινόπωρο του 2^{ου} έτους.

Ασβέστιο			
Μεταχείριση	Έλασμα		Μίσχος
		Κορυφή	
Μάρτυρας (S0)	105,60	b (a)	48,25 a (b)
2.0 dS (S1)	86,76	b (a)	50,81 a (b)
4.0 dS (S2)	262,31	a (a)	67,40 a (b)
6.0 dS (S3)	103,94	b (a)	99,05 a (a)
			97,72 a (a)
			82,97 b (a)
			83,78 b (b)
			77,41 b (a)
Μαγνήσιο			
Μεταχείριση	Έλασμα		Μίσχος
		Κορυφή	
Μάρτυρας (S0)	26,29	b (a)	20,03 a (b)
2.0 dS (S1)	24,02	b (a)	20,64 a (b)
4.0 dS (S2)	38,14	a (a)	18,87 a (b)
6.0 dS (S3)	21,93	b (b)	43,21 a (a)
			10,25 a (c)
			7,67 b (c)
			6,52 c (c)
			5,39 d (c)
Σίδηρο			
Μεταχείριση	Έλασμα		Μίσχος
		Κορυφή	
Μάρτυρας (S0)	2,64	a (a)	0,54 a (b)
2.0 dS (S1)	1,22	b (a)	0,82 b (b)
4.0 dS (S2)	1,35	b (a)	0,62 b (b)
6.0 dS (S3)	1,07	b (a)	0,63 b (b)
			0,19 a (b)
			0,02 b (c)
			0,23 a (c)
			0,26 a (c)
Μαγγάνιο			
Μεταχείριση	Έλασμα		Μίσχος
		Κορυφή	
Μάρτυρας (S0)	1,63	a (a)	0,46 b (b)
2.0 dS (S1)	0,88	c (a)	0,65 a (b)
4.0 dS (S2)	1,15	b (a)	0,61 ab (b)
6.0 dS (S3)	0,90	a (a)	0,49 ab (b)
			0,27 a (c)
			0,09 c (c)
			0,17 b (c)
			0,15 b (c)
Ψευδάργυρο			
Μεταχείριση	Έλασμα		Μίσχος
		Κορυφή	
Μάρτυρας (S0)	0,79	a (a)	0,67 bc (b)
2.0 dS (S1)	0,73	a (a)	0,74 a (a)
4.0 dS (S2)	0,64	b (a)	0,73 ab (a)
6.0 dS (S3)	0,50	c (a)	0,66 c (a)
			0,14 a (c)
			0,16 a (b)
			0,21 a (b)
			0,15 a (b)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε στοιχείο χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

% Ξηράς ουσίας

Στο έλασμα και το μίσχο παρατηρήθηκε μείωση του ποσοστού ξηράς ουσίας με αύξηση της αλατότητας το φθινόπωρο, ενώ την άνοιξη το ποσοστό ξηράς ουσίας στο έλασμα δεν επηρεάστηκε από την αλατότητα και στο μίσχο είτε μειώθηκε (2^ο έτος) είτε αυξήθηκε (3^ο έτος) (πίνακας 3.3.32). Στις κορυφές η ξηρά ουσία δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας στο 2^ο έτος αλλά αυξήθηκε στα υψηλά επίπεδα αλατότητας (6-8 dS m⁻¹) το 3^ο έτος. Συγκρίνοντας την ξηρά ουσία στα διάφορα μέρη του φυτού συμπεράναμε ότι στο μίσχο παρατηρήθηκε η χαμηλότερη τιμή και στις δύο εποχές, ενώ η σύγκριση των εποχών σποράς οδήγησε στο συμπέρασμα ότι την άνοιξη η ξηρά ουσία ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με το φθινόπωρο σε όλα τα τμήματα του φύλλου.

Πίνακας 3.3.32: Επίδραση της αλατότητας στο ποσοστό ξηράς ουσίας (%) στο έλασμα και το μίσχο των φύλλων και στην κορυφή των βλαστών το 2^ο και 3^ο έτος.

	Μεταχείριση	Κορυφή	Έλασμα	Μίσχος
2 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	10.83 a (a)	14.08 a (a)	6.40 a (b)
	2.0 dS (S1)	10.77 a (a)	13.15 b (a)	6.22 a (b)
	4.0 dS (S2)	10.96 a (a)	12.46 b (a)	5.22 b (b)
	6.0 dS (S3)	10.98 a (a)	12.54 b (a)	5.02 b (b)
2 ^ο έτος άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	15,79 b (a)*	16,61 a (a)*	10,97 ab (b)*
	2.0 dS (S1)	15,57 b (a)*	17,01 a (a)*	11,43 a (b)*
	4.0 dS (S2)	16,92 a (a)*	16,47 a (a)*	10,07 bc (b) *
	6.0 dS (S3)	15,56 b (a)*	15,88 a (a)*	9,34 c (b)*
3 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	12,80 bc (a)	13,69 a (a)	6,82 a (b)
	2.0 dS (S1)	11,99 c (a)	12,07 b (a)	5,98 b (b)
	4.0 dS (S2)	12,50 c (a)	10,33 c (a)	5,17 c (b)
	6.0 dS (S3)	13,63 b (a)	12,08 b (a)	5,95 b (b)
	8.0 dS (S4)	14,81 a (a)	12,32 b (a)	6,29 b (b)
3 ^ο έτος άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	16,37 b (a) *	16,58 c (a) *	8,98 d (b) *
	2.0 dS (S1)	14,88 c (b) *	16,92 c (a) *	9,84 cd (c) *
	4.0 dS (S2)	16,78 b (a) *	17,50 b (a) *	9,98 cd (b) *
	6.0 dS (S3)	18,99 a (a) *	16,38 bc (b) *	10,95 b (c) *
	8.0 dS (S4)	18,64 a (a) *	19,03 a (a) *	12,48 a (b) *

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος και εποχή χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε εποχής και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Αναλύσεις υποστρώματος

Η επίδραση αυξημένης αλατότητας στο pH του εδαφικού μείγματος δεν ήταν σημαντική ούτε το φθινόπωρο ούτε την άνοιξη. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα όμως αυξήθηκε και στις δύο εποχές.

Συμπεράσματα

Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών

Συμπερασματικά καταλήγουμε ότι το ύψος των φυτών δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την αύξηση της αλατότητας, ενώ ο αριθμός των φύλλων φαίνεται να μειώνεται το φθινόπωρο και να αυξάνεται την άνοιξη. Το βάρος των φυτών, των φύλλων και των ανθικών στελεχών αυξανόταν με την αύξηση της αλατότητας μέχρι τα 6 dS m⁻¹ αλλά μειώθηκε στα 8 dS m⁻¹, ανεξάρτητα της εποχής σποράς. Η σχέση φύλλων / στελεχών δεν επηρεάστηκε από την εφαρμοζόμενη αλατότητα αλλά από το στάδιο συγκομιδής. Το βάρος των ανθοταξιών ανά φυτό αυξήθηκε με την εφαρμογή της αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ το ποσοστό άνθησης αυξήθηκε ανάλογα με την αύξηση της αλατότητας. Η εποχή σποράς φαίνεται να επηρεάζει το ύψος των φυτών και τον αριθμό των φύλλων, καθώς την άνοιξη παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές σε σχέση με το φθινόπωρο, ενώ το βάρος των φυτών δεν φάνηκε να επηρεάζεται.

Επίδραση της αλατότητας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, β και ολικής φάνηκε να αυξάνεται το φθινόπωρο με την εφαρμογή αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ την άνοιξη παρατηρήθηκε μείωση στο υψηλό επίπεδο αζώτου (6 dS m⁻¹). Η συγκέντρωση της βιταμίνης C φάνηκε να αυξάνεται με την αύξηση της αλατότητας τόσο το φθινόπωρο (στα 1,5 dS m⁻¹) όσο και την άνοιξη (μέχρι τα 6 dS m⁻¹).

Η συγκέντρωση των καροτενοειδών το φθινόπωρο, δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας. Την άνοιξη παρατηρήθηκε μείωση στις υψηλότερες συγκεντρώσεις NaCl (4 και 6 dS m⁻¹). Η σύγκριση των εποχών σποράς οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η συγκέντρωση των καροτενοειδών στο δεύτερο έτος ήταν αυξημένη την άνοιξη στις δύο υψηλές συγκεντρώσεις αλατότητας (6 και 8 dS m⁻¹), ενώ στο τρίτο έτος ήταν σημαντικά υψηλότερη σε όλα τα μέρη του φυτού την άνοιξη σε σχέση με το φθινόπωρο.

Η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών το δεύτερο έτος εμφάνισε μέγιστη τιμή στη μεταχείριση S1 (2,0 dS m⁻¹) και στις δύο εποχές σποράς, ενώ το φθινόπωρο παρατηρήθηκε μείωση στις τιμές των φαινολικών στα 4,0-6,0 dS m⁻¹. Το φθινόπωρο του τρίτου έτους η συγκέντρωση των φαινολικών αυξήθηκε με την αύξηση της αλατότητας στα 6 και 8 dS m⁻¹. Την άνοιξη η αύξηση ήταν σημαντική μόνο στις κορυφές στα 8 dS m⁻¹, ενώ στο έλασμα υπήρξε σχετική μείωση και στο μίσχο δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση της αλατότητας. Το φθινόπωρο παρατηρήθηκε χαμηλότερη συγκέντρωση φαινολικών στα χαμηλά επίπεδα

αλατότητας (S0, S1, S2), ενώ στα υψηλότερα επίπεδα αλατότητας (S3, S4) η συγκέντρωση των φαινολικών ήταν χαμηλότερη στο έλασμα και στις κορυφές την άνοιξη.

Συγκρίνοντας τα μέρη του φυτού σε σχέση με τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης, των καροτενοειδών, της βιταμίνης C και των ολικών φαινολικών καταλήξαμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις ο μίσχος είχε τη χαμηλότερη τιμή, σε σχέση με το έλασμα και την κορυφή. Συγκρίνοντας τις δύο εποχές σποράς καταλήξαμε ότι η συγκέντρωση της χλωροφύλλης και της βιταμίνης C την άνοιξη ήταν αυξημένη σε σχέση με το φθινόπωρο.

Το ποσοστό της ξηράς ουσίας το φθινόπωρο μειώθηκε στο έλασμα και το μίσχο με την αύξηση της αλατότητας, ενώ την άνοιξη στο έλασμα δεν επηρεάστηκε και στο μίσχο είτε μειώθηκε (2^ο έτος) είτε αυξήθηκε (3^ο έτος). Στις κορυφές η ξηρά ουσία αυξήθηκε στα υψηλά επίπεδα αλατότητας (6-8 dS m⁻¹) το 3^ο έτος. Η ξηρά ουσία στο μίσχο εμφάνισε χαμηλότερη τιμή σε σχέση με το έλασμα και την κορυφή ανεξάρτητα της εποχής σποράς. Την άνοιξη η ξηρά ουσία ήταν υψηλότερη σε σχέση με το φθινόπωρο σε όλα τα τμήματα του φύλλου.

Η συγκέντρωση του νατρίου στα διάφορα μέρη αυξήθηκε σημαντικά με την αύξηση της αλατότητας στα 6-8 dS m⁻¹, ενώ ήταν υψηλότερη στους μίσχους σε σχέση με το έλασμα και τις κορυφές. Η συγκέντρωση του νατρίου ήταν μεγαλύτερη την άνοιξη σε σχέση με το φθινόπωρο αλλά όχι πάντοτε σε στατιστικά σημαντικό βαθμό.

Η συγκέντρωση του χλωρίου αυξήθηκε στο έλασμα και το μίσχο με την αύξηση της αλατότητας στα 6-8 dS m⁻¹ ανεξάρτητα από την εποχή, ενώ στις κορυφές είτε δεν επηρεάστηκε (φθινόπωρο 2^ο έτους), είτε αυξήθηκε (άνοιξη 2^ο έτους και στις δυο εποχές του 3^ο έτους). Με εξαίρεση το μάρτυρα και το S1 στο φθινόπωρο του δεύτερου έτους η συγκέντρωση του χλωρίου ήταν υψηλότερη στο μίσχο σε σχέση με το έλασμα και τις κορυφές. Μεταξύ εποχών παρατηρήθηκε υψηλότερη τιμή στα επίπεδα 2-8 dS m⁻¹ την άνοιξη σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές του φθινοπώρου, με ελάχιστες εξαιρέσεις.

Η συγκέντρωση του καλίου μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας στο έλασμα και το μίσχο το φθινόπωρο, ενώ αυξήθηκε στο έλασμα και την κορυφή στα 6 και 8 dS m⁻¹ την άνοιξη. Το φθινόπωρο η συγκέντρωση του καλίου ήταν χαμηλότερη στο μίσχο σε σχέση με το έλασμα ή τις κορυφές, αλλά όχι πάντοτε σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο, ενώ την άνοιξη η συγκέντρωση καλίου διακυμάνθηκε μεταξύ των ιστών χωρίς να παρουσιάσει συγκεκριμένη τάση. Την άνοιξη αυξήθηκε η συγκέντρωση του καλίου σε σχέση με το φθινόπωρο σε όλες τις μεταχειρίσεις και σε όλα τα μέρη του φυτού.

Η συγκέντρωση του ασβεστίου και του μαγνησίου μειώθηκε στο μίσχο με αύξηση της αλατότητας, ενώ στο έλασμα παρατηρήθηκε αύξηση στη μεταχείριση S2 και καμία επίδραση στις κορυφές. Η συγκέντρωση του σιδήρου μειώθηκε στο έλασμα και στις κορυφές

με την εφαρμογή της αλατότητας, ενώ στο μίσχο δεν επηρεάστηκε. Στο μαγγάνιο δεν διαπιστώθηκε επίδραση της αλατότητας, ενώ στο ψευδάργυρο παρατηρήθηκε μείωση στο έλασμα και καμία επίδραση στον μίσχο.

Στα επίπεδα αλατότητας S0, S1 και S2 η συγκέντρωση του ασβεστίου ήταν μειωμένη στις κορυφές σε σχέση με το έλασμα και το μίσχο, ενώ στο S3 δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ιστών. Αντίθετα, η συγκέντρωση του μαγνησίου, του σιδήρου και του μαγγανίου, ήταν υψηλότερη στο έλασμα σε σχέση με το μίσχο και τις κορυφές ανεξάρτητα από το επίπεδο αλατότητας. Η συγκέντρωση του ψευδαργύρου ήταν μικρότερη στο μίσχο στα επίπεδα 2-6 dS m⁻¹, ενώ στον μάρτυρα το έλασμα είχε υψηλότερη τιμή από τη κορυφή.

Η ποσοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων το φθινόπωρο δεν έδειξε καμία επίδραση της αλατότητας στο έλασμα, ενώ στα άνθη παρατηρήθηκε αύξηση με την εφαρμογή της αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα. Στους καρπούς η αύξηση της απόδοσης των αιθέριων ελαίων παρατηρήθηκε μέχρι τα 6 dS m⁻¹, ενώ στους σπόρους ήταν σημαντική η διαφορά μεταξύ του μάρτυρα και των 2 dS m⁻¹. Την άνοιξη φαίνεται μια αύξηση της απόδοσης των αιθέριων ελαίων στο έλασμα στα 4,5 dSm⁻¹, ενώ στα άνθη φαίνεται αύξηση της απόδοσης με την εφαρμογή της αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα.

Η ποιοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων στο έλασμα έδειξε ότι οι κύριες ουσίες ήταν οι α-πινένιο, α-φελλανδρένιο, π-κυμένιο, β-φελλανδρένιο, και ανηθοφουράνιο. Οι ουσίες α-θουγένιο, α-πινένιο, β-πινένιο, β-μυρκένιο και α-φελλανδρένιο ήταν σημαντικά αυξημένες στις μεταχειρίσεις 4 και 6 dS m⁻¹. Το σαβινένιο παρουσίασε αύξηση μόνο στην αλατότητα S3. Οι ουσίες π-κυμένιο, β-φελλανδρένιο, τερπινολένιο και germacrene D δεν επηρεάστηκαν από την αύξηση της αλατότητας, ενώ το ανηθοφουράνιο μειώθηκε στις μεταχειρίσεις 4 και 6 dS m⁻¹.

Οι κύριες ουσίες στα άνθη ήταν το α-πινένιο, α-φελλανδρένιο, το λιμονένιο, ο ανηθοφουράνιο και η καρβόνη. Η αύξηση της αλατότητας στα 4 και 6 dS m⁻¹ προκάλεσε μείωση της συγκέντρωσης των ουσιών α-πινένιο, α-φελλανδρένιο και ανηθοφουράνιο. Η καρβόνη αυξήθηκε με την εφαρμογή της αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ η trans-διύδρο καρβόνη εμφάνισε μέγιστη τιμή στο S1. Οι υπόλοιπες ουσίες δεν επηρεάστηκαν από την εφαρμογή της αλατότητας. Στους ώριμους καρπούς οι κύριες ουσίες που προσδιορίστηκαν ήταν οι λιμονένιο και καρβόνη. Το α-φελλανδρένιο και το ανηθοφουράνιο αυξήθηκαν στα 2 dS m⁻¹. Η cis-διύδρο καρβόνη μειώθηκε με την εφαρμογή της αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ οι υπόλοιπες ουσίες δεν επηρεάστηκαν από την εφαρμογή της αλατότητας. Ακόμη, έγινε προσδιορισμός της σύστασης των αιθέριων ελαίων σε ανώριμους καρπούς άνθη, μόνο στο μάρτυρα και το S1 λόγω έλλειψης δειγμάτων, όπου βρέθηκαν οι

ουσίες α-πινένιο, β-μυρκένιο, α-φελλανδρένιο, λιμονένιο, ανηθοφουράνιο, cis-διύδρο καρβόνη, trans-διύδρο καρβόνη και καρβόνη. Οι κύριες ουσίες στους σπόρους ήταν το α-φελλανδρένιο, λιμονένιο και καρβόνη. Η επίδραση η οποία ήταν εμφανής στις ουσίες πικυμενένιο, cis-διύδρο καρβόνη και trans-διύδρο καρβόνη ήταν η μείωση στα 4 dS m⁻¹ σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ οι υπόλοιπες ουσίες δεν επηρεάστηκαν από την αύξηση της αλατότητας.

Αλλαγές στο pH και την ηλεκτρική αγωγιμότητα του υποστρώματος

Η επίδραση αυξημένης αλατότητας στο pH του εδαφικού μείγματος δεν ήταν σημαντική ανεξάρτητα της εποχής σποράς, ενώ η ηλεκτρική αγωγιμότητα αυξήθηκε και στις δύο εποχές στα υψηλά επίπεδα αλατότητα 4 και 6 dS m⁻¹.

Συμπερασματικά καταλήγουμε ότι η παραγωγή βιομάζας του άνθη (αριθμός φύλλων και νωπό βάρος φυτών) μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας πάνω από 6 dS m⁻¹. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά είτε δεν επηρεάστηκαν από την αύξηση της αλατότητας (χλωροφύλλη και καροτενοειδή), είτε αυξήθηκαν μέχρι τα 6 dS m⁻¹ (βιταμίνη C), είτε μειώθηκαν με την αύξηση της αλατότητας πάνω από 4 - 6 dS m⁻¹. Η υψηλότερη συγκέντρωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών παρατηρήθηκε στο έλασμα των φύλλων, στη συνέχεια στην κορυφή και τέλος στον μίσχο. Την άνοιξη οι τιμές της χλωροφύλλης, των καροτενοειδών, της βιταμίνης C και της ξηράς ουσίας ήταν υψηλότερες σε σχέση με το φθινόπωρο, ενώ η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών δεν παρουσίασε διαφορές ανάλογα με την εποχή. Τα ανόργανα στοιχεία είτε αυξήθηκαν (χλώριο και νάτριο), είτε μειώθηκαν (κάλιο, σίδηρος, ψευδάργυρος), είτε δεν επηρεάστηκαν (ασβέστιο, μαγνήσιο, μαγγάνιο) με την αύξηση της αλατότητας στα 6-8 dS m⁻¹. Η απόδοση των αιθέριων ελαίων στο έλασμα δεν επηρεάστηκε το φθινόπωρο, αλλά την άνοιξη αυξήθηκε στα 4,5 dS m⁻¹. Στα άνθη και τους καρπούς παρατηρήθηκε αύξηση της απόδοσης με την εφαρμογή της αλατότητας. Η αύξηση της αλατότητας στα 4 και 6 dS m⁻¹ προκάλεσε αύξηση του ανηθοφουράνιο και της καρβόνη αλλά μείωση του α φελλανδρένιο. Η συγκέντρωση της κουαρσετίνη μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας την άνοιξη, ενώ οι καμφερόλη και ισοραμνετίνη δεν επηρεάστηκαν. Το φθινόπωρο η Καμφερόλη αυξήθηκε με την εφαρμογή 8 dS m⁻¹, ενώ οι άλλες δύο ουσίες δεν επηρεάστηκαν.

Επομένως, για μέγιστη παραγωγή άνθη με υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά (χλωροφύλλη, αντιοξειδωτικά και αιθέρια έλαια) καλό είναι να μην αυξάνεται η αλατότητα πάνω από 6 dS m⁻¹.

3.4 Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου παραγομένου σε τέσσερα επίπεδα αλατότητας και σε δύο εποχές σποράς κατά την αποθήκευση

3.4 Α. Φθινοπωρινή σπορά

Το φθινόπωρο έγινε προσδιορισμός των ποιοτικών χαρακτηριστικών (χλωροφύλλη, καροτενοειδή, βιταμίνη C, ολικά φαινολικά) όπως επίσης και των ανόργανων στοιχείων (χλώριο, νάτριο, κάλιο) μετά από αποθήκευση σε διάφορες θερμοκρασίες (0,5 και 5°C το 1^ο έτος, 2 και 7°C το 2^ο και 3^ο έτος) και σε δύο χρόνους (1 και 2 εβδομάδες). Στα δύο πρώτα έτη όλες οι μετρήσεις σε κάθε μεταχείριση πραγματοποιήθηκαν από συσκευασίες στις οποίες τη δεύτερη εβδομάδα παρατηρήθηκε αναεροβίωση με αποτέλεσμα οι μετρήσεις αυτές να μη παρουσιάζονται. Τα αποτελέσματα από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά το τρίτο έτος παρουσιάζονται ολοκληρωμένα επειδή ο προσδιορισμός τους έγινε σε συσκευασίες με λιγότερα φύλλα ανά συσκευασία με αποτέλεσμα να μη παρατηρηθεί το φαινόμενο της αναεροβίωσης.

Απώλεια βάρους

Η απώλεια βάρους κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για μια εβδομάδα ήταν 6,7-10,9% στους 0,5°C, 2,1-7,4% στους 2°C, 3,2-5,0% στους 5°C και 1,0-2,4% στους 7°C. Η μεγάλη απώλεια βάρους στους 0,5°C πιθανόν οφείλεται σε καταπόνηση στην πολύ χαμηλή θερμοκρασία, ενώ μεταξύ των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στους 2, 5 και 7°C υπήρξαν διακυμάνσεις στην απώλεια βάρους που σχετίζονταν με τον όγκο των φύλλων σε σχέση με τον όγκο του αέρα μέσα στη συσκευασία, αλλά όχι σημαντικές διαφορές. Γενικά όσο περισσότερο φυτικό ιστό τοποθετήθηκε στην πλαστική σακούλα τόσο μικρότερο ήταν το ποσοστό βάρους που χανόταν (π.χ. μεγάλα φύλλα σε σχέση με μικρότερα φύλλα).

Χλωροφύλλη ολική

Στο πείραμα της αλατότητας πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός της χλωροφύλλης α, β και ολικής χλωροφύλλης. Επειδή όμως τα συμπεράσματα από τις χλωροφύλλες α και β είναι παρόμοια με αυτά της ολικής χλωροφύλλης στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται μόνο τα αποτελέσματα που αφορούν στην ολική χλωροφύλλη.

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.4.1 η συγκέντρωση της χλωροφύλλης δεν επηρεάστηκε από τη θερμοκρασία αποθήκευσης κατά τη διάρκεια μιας εβδομάδας με εξαίρεση το μάρτυρα όπου προέκυψε σχετική μείωση στους 5°C (και σε σχέση με τα υψηλότερα επίπεδα αλατότητας) και αύξηση στους 7°C.

Πίνακας 3.4.1: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια αποθήκευσης για μια εβδομάδα σε διάφορες θερμοκρασίες το φθινόπωρο του πρώτου και δεύτερου έτους.

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Αρχική τιμή		0,5 °C		5 °C	
		Τιμή	Κλάση	Τιμή	Κλάση	Τιμή	Κλάση
1 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	236,11	a (a)	222,45	a (ab)	161,04	c (b)
	1.5 dS (S1)	218,35	a (a)	217,99	a (a)	172,05	bc (a)
	3.0 dS (S2)	237,37	a (a)	228,93	a (a)	219,04	ab (a)
	4.5 dS (S3)	248,31	a (a)	242,56	a (a)	226,68	a (a)
		Αρχική τιμή		2 °C		7 °C	
2 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	166,10	b (b)	206,22	a (ab)	254,89	a (a)
	2.0 dS (S1)	232,44	a (a)	218,86	a (a)	261,91	a (a)
	4.0 dS (S2)	223,61	a (a)	238,30	a (a)	213,74	a (a)
	6.0 dS (S3)	243,71	a (a)	243,98	a (a)	238,36	a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Στο 3^ο έτος του πειράματος παρατηρήθηκε μια σχετική αύξηση στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα δείγματα από της χαμηλής συγκέντρωσης αλατότητας σε σχέση με τις αρχικές τιμές (S0, S1) κυρίως τη 2^η εβδομάδα, ενώ στα δείγματα από τα υψηλότερα επίπεδα αλατότητας (S2-S4) η συγκέντρωση της χλωροφύλλης δεν άλλαξε ή μειώθηκε κατά την αποθήκευση για 2 εβδομάδες (πίνακας 3.4.2).

Πίνακας 3.4.2: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για μια και δυο εβδομάδες σε δύο θερμοκρασίες το φθινόπωρο του τρίτου έτους.

3 ^ο έτος φθινόπωρο						
Μεταχείριση	Αρχική τιμή	2 °C				
		1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα		
Μάρτυρας (S0)	155,14	c (b)	168,95	ab (b)	219,10	a (a)
2.0 dS (S1)	144,28	c (b)	178,37	a (ab)	184,60	a (a)
4.0 dS (S2)	191,38	ab (a)	153,23	b (b)	146,16	b (b)
6.0 dS (S3)	163,98	bc (a)	185,09	a (a)	181,08	ab (a)
8.0 dS (S4)	204,33	a (a)	163,09	ab (b) *	192,33	a (ab)
		Αρχική τιμή		7 °C		
Μάρτυρας (S0)	155,14	c (b)	192,45	a (a)	201,22	a (a)
2.0 dS (S1)	144,28	c (c)	181,90	a (b)	210,95	a (a)
4.0 dS (S2)	191,38	ab (a)	175,78	a (a)	136,30	b (b)
6.0 dS (S3)	163,98	bc (a)	184,80	a (a)	186,62	ab (a)
8.0 dS (S4)	204,33	a (a)	124,20	b (b)	188,99	ab (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων των μεταχειρίσεων ανάλογα με τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Παράλληλα, ενώ η αρχική συγκέντρωση της χλωροφύλλης αυξανόταν με την αύξηση της αλατότητας, η διαφορά αυτή δεν διατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης

ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία και τόσο στο τέλος της 1^{ης} εβδομάδας όσο και της 2^{ης} εβδομάδας οι τιμές ήταν παρόμοιες στις περισσότερες περιπτώσεις ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία. Η αύξηση της διάρκειας αποθήκευσης δεν επηρέασε τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης, με εξαίρεση τη μείωση που σημειώθηκε στο S2 στους 7°C.

Καροτενοειδή

Η συγκέντρωση των καροτενοειδών στα δύο πρώτα έτη του πειράματος, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.4.3, δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας τόσο κατά τη συγκομιδή όσο και μετά από αποθήκευση για μια εβδομάδα. Εξαίρεση αποτέλεσαν οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων S0 και S1 που αποθηκεύτηκαν στους 0,5°C που παρουσίασαν χαμηλότερη συγκέντρωση καροτενοειδών σε σχέση με το S3, και η μείωση που σημειώθηκε στους 2°C στο S3. Επίσης η συγκέντρωση των καροτενοειδών στο πρώτο έτος δεν επηρεάστηκε από την αποθήκευση ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία, αλλά στο δεύτερο έτος σημειώθηκε μείωση στους 2°C (S1 και S3) και στους 7°C (S1 και S2) σε σχέση με τις αρχικές τιμές.

Πίνακας 3.4.3: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των καροτενοειδών (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε διάφορες θερμοκρασίες για μια εβδομάδα το φθινόπωρο του πρώτου και δεύτερου έτους.

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Αρχική τιμή	0,5 °C	5 °C
1 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	68,45 a (a)	52,38 b (a)	64,36 a (a)
	1.5 dS (S1)	64,02 a (a)	55,63 b (a)	60,13 a (a)
	3.0 dS (S2)	69,32 a (a)	64,36 ab (a)	79,90 a (a)
	4.5 dS (S3)	71,44 a (a)	77,10 a (a)	68,17 a (a)
2 ^ο έτος φθινόπωρο		Αρχική τιμή	2 °C	7 °C
	Μάρτυρας (S0)	18,34 a (a)	18,42 a (a)	19,29 a (a)
	2.0 dS (S1)	23,32 a (a)	18,31 a (b)	19,56 a (b)
	4.0 dS (S2)	20,45 a (a)	21,12 a (a)	17,68 a (b)
	6.0 dS (S3)	22,92 a (a)	10,39 b (b)	18,65 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Στο τρίτο έτος η αποθήκευση για δυο εβδομάδες είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών στο μάρτυρα, αλλά όχι στα υψηλότερα επίπεδα αλατότητας (πίνακας 3.4.4). Παράλληλα στο τέλος της 2^{ης} εβδομάδας δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ των επιπέδων αλατότητας ούτε μεταξύ των δυο θερμοκρασιών αποθήκευσης. Μετά την πρώτη εβδομάδα αποθήκευσης σημειώθηκε αυξημένη συγκέντρωση καροτενοειδών στους 2°C στο S1 και στους 7°C στο S4, ενώ με την αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης σημειώθηκε μείωση στο S1 και αύξηση στις υψηλότερες συγκεντρώσεις (S2-S4).

Πίνακας 3.4.4: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των καροτενοειδών (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για μια και δυο εβδομάδες σε δύο θερμοκρασίες το φθινόπωρο του τρίτου έτους.

3 ^ο έτος φθινόπωρο				
Μεταχείριση	Αρχική τιμή	2 ^ο C		
		1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα	
Μάρτυρας (S0)	19,48 b (b)	20,74 c (b)	25,21 a (a)	
2.0 dS (S1)	24,02 a (b)	32,74 a (a) *	25,05 a (b)	
4.0 dS (S2)	20,63 ab (a)	19,02 c (a)	21,22 a (a)	
6.0 dS (S3)	23,89 a (a)	21,79 bc (a)	23,56 a (a)	
8.0 dS (S4)	23,78 a (a)	27,10 ab (a)	21,05 a (a)	
7 ^ο C				
Μεταχείριση	Αρχική τιμή	7 ^ο C		
		1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα	
Μάρτυρας (S0)	19,48 b (c)	22,25 b (b)	23,89 a (a)	
2.0 dS (S1)	24,02 a (a)	23,77 b (a)	25,34 a (a)	
4.0 dS (S2)	20,63 ab (a)	22,70 b (a) *	22,70 a (a)	
6.0 dS (S3)	23,89 a (a)	24,79 b (a) *	22,58 a (a)	
8.0 dS (S4)	23,78 a (b)	38,02 a (a) *	22,63 a (b)	

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων των μεταχειρίσεων ανάλογα με τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Βιταμίνη C

Γενικά η συγκέντρωση της βιταμίνης C, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.4.5, αυξήθηκε κατά την αποθήκευση για μια εβδομάδα στους 0,5^οC, αλλά όχι στις άλλες θερμοκρασίες. Επίσης μετά τη αποθήκευση η υψηλότερη συγκέντρωση της βιταμίνης C βρέθηκε στα επίπεδα αλατότητας 3-4 dS m⁻¹ στους 2, 5 και 7^οC, ενώ στο μάρτυρα και στα 3 dS m⁻¹ στους 0,5^οC. Μεταξύ θερμοκρασιών δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 3.4.5: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για μια εβδομάδα σε διάφορες θερμοκρασίες το φθινόπωρο του πρώτου και δεύτερου έτους.

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Αρχική τιμή	0,5 ^ο C		5 ^ο C	
1 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	24,11 c (c)	166,29 a (a)	93,71 c (b)		
	1.5 dS (S1)	115,43 a (a)	74,29 c (b)	105,71 bc (a)		
	3.0 dS (S2)	75,31 b (b)	150,63 ab (a)	170,31 a (a)		
	4.5 dS (S3)	63,77 b (b)	131,43 b (a)	117,03 b (a)		
		Αρχική τιμή	2 ^ο C		7 ^ο C	
2 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	172,25 c (ab)	190,80 b (a)	158,93 b (b)		
	2.0 dS (S1)	219,27 b (a)	136,07 c (b)	91,00 c (c)		
	4.0 dS (S2)	227,17 b (ab)	258,60 a (a)	198,00 a (b)		
	6.0 dS (S3)	279,87 a (a)	168,20 bc (b)	177,93 b (b)		

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Στο τρίτο έτος του πειράματος η συγκέντρωση της βιταμίνης C, όπως φαίνεται και στον πίνακα 3.4.6, μειώθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για μια ή δυο εβδομάδες αλλά όχι πάντοτε σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο. Μεταξύ θερμοκρασιών δεν υπήρξαν διαφορές, παρά μόνο μείωση στον μάρτυρα τη δεύτερη εβδομάδα στους 7°C. Η συγκέντρωση της βιταμίνης C ήταν υψηλότερη στα χαμηλά επίπεδα αλατότητας (S0 – S3) την 1^η εβδομάδα αλλά τη 2^η εβδομάδα στα υψηλότερα επίπεδα αλατότητας (S3 και S4), ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Πίνακας 3.4.6: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για μια και δυο εβδομάδες σε δύο θερμοκρασίες το φθινόπωρο του τρίτου έτους.

3 ^ο έτος φθινόπωρο						
Μεταχείριση	Αρχική τιμή		2°C			
			1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα		
Μάρτυρας (S0)	146,73	ab (a)	88,13	a (b)	79,11	bc (b)
2.0 dS (S1)	166,67	a (a)	91,62	a (b)	51,36	c (c)
4.0 dS (S2)	121,65	b (a)	94,86	a (a)	93,21	ab (a)
6.0 dS (S3)	114,92	b (a)	90,09	a (a)	84,06	bc (a)
8.0 dS (S4)	139,62	ab (a)	44,76	b (b)	127,75	a (a)
7°C						
Μεταχείριση	Αρχική τιμή		1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα	
			1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα	1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (S0)	146,73	ab (a)	93,84	a (b)	40,44	c (c) *
2.0 dS (S1)	166,67	a (a)	96,57	a (b)	62,86	bc (c)
4.0 dS (S2)	121,65	b (a)	87,75	a (b)	86,29	ab (b)
6.0 dS (S3)	114,92	b (a)	109,33	a (a)	108,06	a (a)
8.0 dS (S4)	139,62	ab (a)	38,79	b (c)	102,73	a (b)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων των μεταχειρίσεων ανάλογα με τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Ολικά φαινολικά

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.4.7, ενώ η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών στο στάδιο συγκομιδής επηρεάστηκε από το επίπεδο αλατότητας, μετά την αποθήκευση για μια εβδομάδα οι διαφορές αυτές εξομαλύνθηκαν σε όλες τις θερμοκρασίες. Στο πρώτο έτος η αρχική συγκέντρωση των ολικών φαινολικών δεν επηρεάστηκε από την αποθήκευση στους 0,5 και 5°C, ενώ στο 2^ο έτος σημειώθηκε μείωση των φαινολικών κατά την αποθήκευση των δειγμάτων στα χαμηλά επίπεδα αλατότητας (S0 και S1).

Πίνακας 3.4.7: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για μια εβδομάδα σε διάφορες θερμοκρασίες το φθινόπωρο του πρώτου και δεύτερου έτους.

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Αρχική τιμή		0,5 °C)		5 °C)	
1 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	243,76	b (a)	234,50	a (a)	240,97	ab (a)
	1.5 dS (S1)	281,62	ab (a)	239,48	a (ab)	203,48	b (b)
	3.0 dS (S2)	278,66	ab (a)	247,07	a (a)	261,76	a (a)
	4.5 dS (S3)	287,90	a (a)	251,07	a (a)	252,10	a (a)
2 ^ο έτος φθινόπωρο		Αρχική τιμή		2 °C		7 °C	
	Μάρτυρας (S0)	230,03	b (a)	182,86	a (b)	190,97	a (b)
	2.0 dS (S1)	259,00	a (a)	166,93	a (b)	176,03	a (b)
	4.0 dS (S2)	176,38	c (a)	183,21	a (a)	183,76	a (a)
	6.0 dS (S3)	189,90	c (a)	169,07	a (a)	181,76	a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.4.8 η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών στο τρίτο έτος του πειράματος μειώθηκε κατά τη διάρκεια αποθήκευσης των δειγμάτων που προέρχονταν από υψηλά επίπεδα αλατότητας (S2-S4 στους 2°C και S3-S4 στους 7°C) για μια ή δυο εβδομάδες, όπως και στο μάρτυρα στους 7°C. Όπως στο 1^ο και το 2^ο έτος, έτσι και στο 3^ο έτος οι διαφορές στη συγκέντρωση φαινολικών που παρατηρήθηκαν στο στάδιο συγκομιδής εξομαλύνθηκαν κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ώστε στο τέλος της 2^{ης} εβδομάδας να μην είναι πια σημαντικές. Μεταξύ των θερμοκρασιών δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση των φαινολικών μετά την αποθήκευση (με εξαίρεση το S2 την 1^η εβδομάδα).

Πίνακας 3.4.8: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για μια και δυο εβδομάδες σε δύο θερμοκρασίες το φθινόπωρο του τρίτου έτους.

3 ^ο έτος φθινόπωρο						
Μεταχείριση	Αρχική τιμή	2°C				
		1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα		
Μάρτυρας (S0)	229,69	b (a)	179,28	ab (a)	183,14	ab (a)
2.0 dS (S1)	199,48	b (a)	218,10	a (a)	204,11	a (a)
4.0 dS (S2)	181,28	c (a)	151,76	b (b)	155,07	b (b)
6.0 dS (S3)	303,48	a (a)	167,14	b (b)	192,87	a (b)
8.0 dS (S4)	325,28	a (a)	166,66	b (b)	184,94	ab (b)
		Αρχική τιμή		7°C		
				1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (S0)	229,69	b (a)	181,97	a (b)	158,79	a (b)
2.0 dS (S1)	199,48	b (a)	202,24	a (a)	198,03	a (a)
4.0 dS (S2)	181,28	c (a)	177,55	a (a) *	191,55	a (a)
6.0 dS (S3)	303,48	a (a)	201,41	a (b)	170,59	a (b)
8.0 dS (S4)	325,28	a (a)	172,94	a (b)	161,90	a (b)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων των μεταχειρίσεων ανάλογα με τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Ξηρά ουσία

Η ξηρά ουσία στο στάδιο συγκομιδής του πρώτου έτους κυμάνθηκε στο 13-15% και μειώθηκε στο 12-13% κατά τη διάρκεια μιας εβδομάδας στους 5°C, ενώ στους 0,5°C δεν άλλαξε. Στο δεύτερο έτος η αρχική τιμή της ξηράς ουσίας ήταν μικρότερη (8-9%) και αυξήθηκε οριακά κατά την αποθήκευση για μια εβδομάδα στους 7°C (9,5-10,5%) και στους 2°C (9-10%). Με ελάχιστες εξαιρέσεις το ποσοστό ξηράς ουσίας δεν επηρεάστηκε από το επίπεδο αλατότητας είτε πριν είτε μετά την αποθήκευση.

Στο 3^ο έτος, η αρχική τιμή της ξηράς ουσίας κυμάνθηκε στο 10,5-13,5% και μειώθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης στο 9,4% και 9,1% (1 και 2 εβδομάδες αντίστοιχα) στους 2°C και στο 9,3% μετά από μια εβδομάδα στους 7°C χωρίς περαιτέρω αλλαγή τη 2^η εβδομάδα.

3.4.B Ανοιξιάτικη σπορά

Την άνοιξη του 2^{ου} και του 3^{ου} έτους η αποθήκευση πραγματοποιήθηκε για 1 και 2 εβδομάδες σε δυο θερμοκρασίες (2 και 7°C). Όπως το φθινόπωρο, προσδιορίστηκε η απώλεια βάρους των φύλλων και ποιοτικών χαρακτηριστικών (χλωροφύλλη, καροτενοειδή, βιταμίνη C, ολικά φαινολικά), ενώ επιπλέον μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις μερικών ανόργανων στοιχείων που σχετίζονται με την ποιότητα (χλώριο, νάτριο, κάλιο).

Απώλεια βάρους

Στο δεύτερο έτος, η απώλεια βάρους κυμάνθηκε στο 2,5-2,6% την 1^η εβδομάδα και αυξανόταν στο 3,5-3,6% τη 2^η εβδομάδα και στις δυο θερμοκρασίες. Στο 3^ο έτος η αντίστοιχη απώλεια βάρους ήταν 2,0-2,1% την 1^η εβδομάδα και αυξήθηκε στο 2,3% (στους 2°C) και στο 4,3% (στους 7°C) τη 2^η εβδομάδα. Μεταξύ των διαφόρων επιπέδων αλατότητας δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές όσο αφορά στην απώλεια βάρους.

Χλωροφύλλη ολική

Κατά την άνοιξη του 2^{ου} έτους η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας (μέτρηση στο στάδιο συγκομιδής) αλλά δεν άλλαξε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης στους 2 ή 7°C για δυο εβδομάδες με εξαίρεση το μάρτυρα στους 2°C οπού προέκυψε σχετική μείωση (πίνακας 3.4.9). Επίσης εκτός από τη μεταχείριση S1 την 1^η εβδομάδα, μεταξύ θερμοκρασιών δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Παρόμοια κατά το 3^ο έτος η συγκέντρωση της χλωροφύλλης δεν επηρεάστηκε από τη διάρκεια και θερμοκρασία αποθήκευσης στις περισσότερες περιπτώσεις, αλλά υπήρχε

σχετική μείωση στο S1 (στους 2 και 7°C) και αύξηση στο S0 και S3 στους 7°C. Επίσης πλην των μεταχειρίσεων S1 και S2 τη 2^η εβδομάδα δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 3.4.9: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για μια και δυο εβδομάδες σε δύο θερμοκρασίες την άνοιξη του δεύτερου και τρίτου έτους.

2 ^ο έτος άνοιξη										
Μεταχείριση	Αρχική τιμή					2 ^ο C				
						1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα		
Μάρτυρας (S0)	333,60	a (a)				277,21	a (b)		274,29	a (b)
2.0 dS (S1)	303,45	ab (a)				272,84	a (a)		260,72	a (a)
4.0 dS (S2)	286,73	ab (a)				303,17	a (a)		267,69	a (a)
6.0 dS (S3)	265,57	b (a)				290,80	a (a)		319,84	a (a)
7 ^ο C										
Μεταχείριση	Αρχική τιμή					7 ^ο C				
						1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα		
Μάρτυρας (S0)	333,60	a (a)				257,97	b (b)		313,43	a (a)
2.0 dS (S1)	303,45	ab (a)				345,70	a (a) *		298,35	a (a)
4.0 dS (S2)	286,73	ab (a)				287,48	b (a)		274,43	a (a)
6.0 dS (S3)	265,57	b (a)				245,39	b (a)		281,40	a (a)
3 ^ο έτος άνοιξη										
Μεταχείριση	Αρχική τιμή					2 ^ο C				
						1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα		
Μάρτυρας (S0)	330,47	c (a)				356,96	a (a)		383,96	ab (a)
2.0 dS (S1)	542,15	a (a)				372,96	a (c)		474,75	a (b)
4.0 dS (S2)	408,21	b (a)				326,44	a (a)		334,33	b (a)
6.0 dS (S3)	184,51	d (b)				366,86	a (a)		429,68	a (a)
8.0 dS (S4)	287,71	c (b)				370,97	a (a)		419,01	ab (a)
7 ^ο C										
Μεταχείριση	Αρχική τιμή					7 ^ο C				
						1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα		
Μάρτυρας (S0)	330,47	c (b)				401,08	a (ab)		484,19	a (a)
2.0 dS (S1)	542,15	a (a)				358,87	a (b)		382,53	b (b)
4.0 dS (S2)	408,21	b (a)				324,15	a (b)		423,06	ab (a)
6.0 dS (S3)	184,51	d (b)				345,99	a (a)		406,08	ab (a)
8.0 dS (S4)	287,71	c (b)				387,93	a (a)		356,86	b (ab)
1 ^η Εβδομάδα					2 ^η Εβδομάδα					
T1*T2	S0	S1	S2	S3	S4	S0	S1	S2	S3	S4
	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	*	*	ΜΣ	ΜΣ

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία και έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων των μεταχειρίσεων ανάλογα με τη θερμοκρασία αποθήκευσης. ΜΣ = μησημαντική διαφορά (p=0,05).

Καροτενοειδή

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.4.10, η συγκέντρωση των καροτενοειδών στο δεύτερο έτος μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας $\geq 4,0$ dS m⁻¹ (μέτρηση κατά τη συγκομιδή), ενώ μετά την αποθήκευση στους 2 ή 7°C για 1 ή 2 εβδομάδες δεν προέκυψαν διαφορές διότι υπήρξε μείωση στη συγκέντρωση των καροτενοειδών στις μεταχειρίσεις S0 και S1 αλλά καμία αλλαγή στις μεταχειρίσεις S2 και S3. Μεταξύ των δυο θερμοκρασιών δεν προέκυψαν

διαφορές παρά μόνο στη μεταχείριση S1 τη 2^η εβδομάδα. Κατά την άνοιξη του 3^{ου} έτους παρατηρήθηκαν διακυμάνσεις στη συγκέντρωση των καροτενοειδών ανάλογα με το επίπεδο αλατότητας στο στάδιο της συγκομιδής, ενώ μετά την αποθήκευση οι διακυμάνσεις αυτές εξομαλύνθηκαν. Μεταξύ των δυο θερμοκρασιών δεν προέκυψαν διαφορές παρά μόνο στη μεταχείριση S0 και S1 τη 2^η εβδομάδα.

Πίνακας 3.4.10: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των καροτενοειδών (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για μια και δυο εβδομάδες σε δύο θερμοκρασίες την άνοιξη του δεύτερου και τρίτου έτους.

2 ^ο έτος άνοιξη						
Μεταχείριση	Αρχική τιμή		2 ^ο C			
			1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα		
Μάρτυρας (S0)	20,92	a (a)	14,62	ab (b)	15,24	ab (b)
2.0 dS (S1)	21,17	a (a)	13,73	ab (b)	11,85	b (b)
4.0 dS (S2)	15,91	b (a)	16,15	a (a)	17,15	a (a)
6.0 dS (S3)	18,29	b (a)	12,25	b (b)	15,39	ab (a)
7 ^ο C						
Μεταχείριση	Αρχική τιμή		1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα	
			1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα	1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (S0)	20,92	a (a)	14,28	a (b)	19,30	a (ab)
2.0 dS (S1)	21,17	a (a)	14,56	a (b)	16,79	a (b) *
4.0 dS (S2)	15,91	b (a)	15,17	a (a)	18,31	a (a)
6.0 dS (S3)	18,29	b (a)	12,76	a (b)	17,68	a (a)
3 ^ο έτος άνοιξη						
Μεταχείριση	Αρχική τιμή		2 ^ο C		7 ^ο C	
			1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα	1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (S0)	26,07	cd (b)	18,36	b (c)	34,57	a (a)
2.0 dS (S1)	53,87	a (a)	17,38	b (c)	33,69	a (b)
4.0 dS (S2)	38,01	b (a)	16,72	b (b)	38,66	a (a)
6.0 dS (S3)	19,59	d (ab)	18,69	b (b)	26,63	b (a)
8.0 dS (S4)	32,09	bc (a)	44,01	a (a)	39,39	a (a)
7 ^ο C						
Μεταχείριση	Αρχική τιμή		1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα	
			1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα	1 ^η Εβδομάδα	2 ^η Εβδομάδα
Μάρτυρας (S0)	26,07	cd (b)	17,68	b (c)	44,70	a (a) *
2.0 dS (S1)	53,87	a (a)	16,02	b (c)	41,07	a (b) *
4.0 dS (S2)	38,01	b (a)	17,58	b (b)	44,48	a (a)
6.0 dS (S3)	19,59	d (b)	20,65	b (b)	33,83	b (a)
8.0 dS (S4)	32,09	bc (b)	43,20	a (a)	45,37	a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία και έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων των μεταχειρίσεων ανάλογα με τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Βιταμίνη C

Την άνοιξη του 2^{ου} έτους η συγκέντρωση της βιταμίνης C μειώθηκε στους 7^οC ανεξάρτητα από το επίπεδο αλατότητας, ενώ στους 2^οC παρατηρήθηκε μείωση στο S1 και S2 (πίνακας 3.4.11). Σε όλα τα δείγματα, πλην του S2 την 1^η εβδομάδα, η συγκέντρωση της βιταμίνης C ήταν σημαντικά χαμηλότερη στους 7^οC σε σχέση με τους 2^οC, ενώ μετά την αποθήκευση για 2 εβδομάδες στους 7^οC η μεγαλύτερη συγκέντρωση βιταμίνης C

παρατηρήθηκε στο επίπεδο των 4 dS m⁻¹. Παρόμοια στο 3^ο έτος, η αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης προκάλεσε σημαντική μείωση της συγκέντρωσης της βιταμίνης C σε όλες τις επεμβάσεις αλατότητας (εκτός από τον μάρτυρα και το S2 την 1^η εβδομάδα), ενώ η συγκέντρωση της βιταμίνης C, εμφάνισε διακυμάνσεις τόσο κατά τη συγκομιδή όσο και μετά από μια εβδομάδα αποθήκευσης. Μετά τη 2^η εβδομάδα στους 7°C παρατηρήθηκε μείωση της βιταμίνης C με την εφαρμογή της αλατότητας σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ στους 2°C δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των μεταχειρίσεων με αλατότητα (S1-S4).

Πίνακας 3.4.11: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για μια και δυο εβδομάδες σε δύο θερμοκρασίες την άνοιξη του δεύτερου και τρίτου έτους.

2 ^ο έτος άνοιξη										
Μεταχείριση	Αρχική τιμή				2°C (T1)					
					1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα			
Μάρτυρας (S0)	126,86	d	(b)		200,83	b	(a)	123,56	c	(b)
2.0 dS (S1)	205,72	b	(a)		185,01	c	(b)	104,19	d	(c)
4.0 dS (S2)	229,33	a	(a)		189,71	c	(b)	143,49	b	(c)
6.0 dS (S3)	153,40	c	(b)		245,65	a	(a)	165,02	a	(b)
7°C (T2)										
Μεταχείριση	Αρχική τιμή				7°C (T2)					
					1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα			
Μάρτυρας (S0)	126,86	d	(b)		162,03	b	(a)	83,17	b	(c)
2.0 dS (S1)	205,72	b	(a)		169,91	b	(b)	83,81	b	(c)
4.0 dS (S2)	229,33	a	(a)		184,45	a	(b)	92,44	a	(c)
6.0 dS (S3)	153,40	c	(a)		150,86	c	(a)	74,10	c	(b)
1 ^η Εβδομάδα					2 ^η Εβδομάδα					
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3		
T1*T2	*	*	ΜΣ	*	*	*	*	*	*	
3 ^ο έτος άνοιξη										
Μεταχείριση	Αρχική τιμή				2°C (T1)					
					1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα			
Μάρτυρας (S0)	344,95	a	(a)		270,98	a	(ab)	202,79	ab	(b)
2.0 dS (S1)	260,89	b	(a)		293,59	a	(a)	230,92	ab	(a)
4.0 dS (S2)	325,71	ab	(a)		85,91	b	(b)	134,35	b	(b)
6.0 dS (S3)	114,41	c	(b)		108,25	b	(b)	309,08	a	(a)
8.0 dS (S4)	254,98	b	(a)		310,48	a	(a)	285,21	a	(a)
7°C (T2)										
Μεταχείριση	Αρχική τιμή				7°C (T2)					
					1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα			
Μάρτυρας (S0)	344,95	a	(a)		279,87	a	(a)	270,16	a	(a)
2.0 dS (S1)	260,89	b	(a)		176,29	b	(b)	98,03	b	(c)
4.0 dS (S2)	325,71	ab	(a)		73,43	c	(b)	66,16	b	(b)
6.0 dS (S3)	114,41	c	(a)		80,57	c	(a)	72,16	b	(a)
8.0 dS (S4)	254,98	b	(a)		231,30	ab	(a)	89,84	b	(b)
1 ^η Εβδομάδα					2 ^η Εβδομάδα					
	S0	S1	S2	S3	S4	S0	S1	S2	S3	S4
T1*T2	ΜΣ	*	ΜΣ	*	*	ΜΣ	*	*	*	*

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία και έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων των μεταχειρίσεων ανάλογα με τη θερμοκρασία αποθήκευσης. ΜΣ = δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά.

Ολικά φαινολικά

Η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών την άνοιξη του δεύτερου έτους του πειράματος (όπως φαίνεται και στον πίνακα 3.4.12) τόσο κατά τη συγκομιδή όσο και μετά από αποθήκευση στους 7°C για 1 ή 2 εβδομάδες ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση S1 σε σχέση με τα υψηλότερα επίπεδα αλατότητας και σε σχέση με τον μάρτυρα την 1^η εβδομάδα. Στους 2°C η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ήταν όμοια σε όλα τα επίπεδα αλατότητας, ενώ στους 7°C σημειώθηκε μείωση των φαινολικών στα υψηλότερα S2 και S3. Η θερμοκρασία αποθήκευσης δεν είχε καμία επίδραση στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ενώ τη 2^η εβδομάδα η συγκέντρωση των φαινολικών αυξήθηκε σε σχέση με την αρχική τιμή στο S0 και S2 στους 2°C και στο S0 στους 7°C.

Πίνακας 3.4.12: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε δύο θερμοκρασίες την άνοιξη του δεύτερου έτους.

2 ^ο έτος άνοιξη								
Μεταχείριση	Αρχική τιμή		2°C (T1)					
			1 ^η Εβδομάδα			2 ^η Εβδομάδα		
Μάρτυρας (S0)	197,69	b (b)	263,97	a (a)	263,69	a (a)		
2.0 dS (S1)	295,69	a (a)	273,21	a (a)	251,90	a (a)		
4.0 dS (S2)	183,28	b (b)	275,48	a (a)	238,52	a (a)		
6.0 dS (S3)	200,31	b (a)	243,55	a (a)	233,41	a (a)		
7°C (T2)								
Μεταχείριση	Αρχική τιμή		7°C (T2)					
			1 ^η Εβδομάδα			2 ^η Εβδομάδα		
Μάρτυρας (S0)	197,69	b (b)	269,21	b (a)	267,97	a (a)		
2.0 dS (S1)	295,69	a (ab)	317,69	a (a)	234,10	a (b)		
4.0 dS (S2)	183,28	b (b)	247,48	bc (a)	212,03	b (b)		
6.0 dS (S3)	200,31	b (a)	215,83	c (a)	193,55	c (a)		
			1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα			
T1*T2	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία και έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων των μεταχειρίσεων ανάλογα με τη θερμοκρασία αποθήκευσης. ΜΣ = δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά.

Την άνοιξη του 3^{ου} έτους (πίνακας 3.4.13) παρατηρήθηκαν σχετικά μεγάλες διακυμάνσεις στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία και το επίπεδο αλατότητας. Στις περισσότερες περιπτώσεις η συγκέντρωση των φαινολικών δεν επηρεάστηκε από τη θερμοκρασία αποθήκευσης (πλην των μεταχειρίσεων S0, S1 και S3 την 1^η εβδομάδα) ή από τη διάρκεια αποθήκευσης, με εξαιρέσεις τις μεταχειρίσεις S0 και S2 στους 2°C και τις S0, S2 και S4 στους 7°C όπου υπήρχε σχετική μείωση (πλην της S2 στους 2 και 7°C όπου υπήρχε αύξηση).

Πίνακας 3.4.13: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών (mg 100g νωπού ιστού⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε δύο θερμοκρασίες την άνοιξη του τρίτου έτους.

Μεταχείριση	3 ^ο έτος άνοιξη										
	Αρχική τιμή					2 ^ο C (T1)					
						1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα			
Μάρτυρας (S0)	301,00	a (a)				159,07	c (c)			266,38	a (b)
2.0 dS (S1)	265,21	b (ab)				287,07	ab (a)			229,84	b (b)
4.0 dS (S2)	196,10	c (b)				257,34	b (a)			245,76	ab (a)
6.0 dS (S3)	248,24	b (b)				333,97	a (a)			247,62	ab (b)
8.0 dS (S4)	264,31	b (a)				242,59	b (a)			231,62	b (a)
	Αρχική τιμή					7 ^ο C (T2)					
						1 ^η Εβδομάδα		2 ^η Εβδομάδα			
Μάρτυρας (S0)	301,00	a (a)				255,21	ab (b)			291,14	a (b)
2.0 dS (S1)	265,21	b (a)				200,10	b (b)			253,14	b (a)
4.0 dS (S2)	196,10	c (c)				287,97	a (a)			246,79	b (b)
6.0 dS (S3)	248,24	b (a)				275,07	a (a)			242,31	b (a)
8.0 dS (S4)	264,31	b (a)				294,38	a (a)			212,59	c (b)
1 ^η Εβδομάδα					2 ^η Εβδομάδα						
	S0	S1	S2	S3	S4	S0	S1	S2	S3	S4	
T1*T2	*	*	ΜΣ	*	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία και έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Ο αστερίσκος (*) υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων των μεταχειρίσεων ανάλογα με τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

ΜΣ = δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά.

Ξηρά ουσία

Η ξηρά ουσία στο στάδιο συγκομιδής της άνοιξης του 2^{ου} έτους κυμάνθηκε στο 12,5-15% και δεν άλλαξε κατά την αποθήκευση για 1 ή 2 εβδομάδες στους 2 ή 7^οC. Στο 3^ο έτος η αρχική τιμή της ξηράς ουσίας ήταν μεγαλύτερη (16-19%) και παρέμεινε σταθερή κατά τη διάρκεια αποθήκευσης για 1 ή 2 εβδομάδες στους 2 ή 7^οC (16-20%).

3.4.Γ Ανόργανα στοιχεία

Η συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων προσδιορίστηκε πριν και μετά από αποθήκευση σε δυο θερμοκρασίες για μια εβδομάδα.

Νιτρικά

Η συγκέντρωση των νιτρικών προσδιορίστηκε μόνο το φθινόπωρο του πρώτου έτους όπου σύμφωνα με τον πίνακα 3.4.14 η συγκέντρωση των νιτρικών αυξήθηκε κατά τη διάρκεια αποθήκευσης για μια εβδομάδα στους 0,5^οC (εκτός από τον μάρτυρα και το S3) καθώς και σε όλες τις επεμβάσεις στους 5^οC (πλην του S2). Στους 5^οC η συγκέντρωση των νιτρικών ήταν χαμηλότερη σε όλα τα επίπεδα αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ στους 0,5^οC η συγκέντρωση των νιτρικών ήταν μειωμένη μόνο στην επέμβαση S3.

Πίνακας 3.4.14: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των νιτρικών ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για μια εβδομάδα σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες το φθινόπωρο του πρώτου έτους.

Μεταχείριση	1 ^ο έτος φθινόπωρο		
	Αρχική τιμή	0.5°C	5°C
Μάρτυρας (S0)	48,61 a (c)	97,06 a (b)	135,94 a (a)
1.5 dS (S1)	21,08 b (c)	108,45 a (a)	55,40 b (a)
3.0 dS (S2)	23,92 b (c)	87,02 a (a)	48,59 b (b)
4.5 dS (S3)	29,82 b (b)	28,01 b (b)	48,16 b (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε θερμοκρασία χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Χλώριο

Η συγκέντρωση του χλωρίου στο στάδιο συγκομιδής αυξήθηκε με την αύξηση της αλατότητας και ήταν ιδιαίτερα υψηλή στο επίπεδο των $8,0 \text{ dS m}^{-1}$ την άνοιξη του 3^{ου} έτους. Στις περισσότερες περιπτώσεις δεν παρατηρήθηκε αλλαγή στη συγκέντρωση του χλωρίου μετά από αποθήκευση για μια εβδομάδα τόσο στους 2°C όσο και στους 7°C. Όπου υπήρχαν διαφορές (π.χ. στις μεταχειρίσεις S1-S3 την άνοιξη του 2^{ου} έτους και S1 το φθινόπωρο του 3^{ου} έτους) αυτές αφορούσαν στην αύξηση του χλωρίου κατά την αποθήκευση.

Πίνακας 3.4.15: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση του χλωρίου ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ν.β.) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες το φθινόπωρο και την άνοιξη του δεύτερου και τρίτου έτους.

	Μεταχείριση	Αρχική τιμή	2°C	7°C
	2 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	34,75 c (b)	43,71 c (b)
2.0 dS (S1)		34,32 c (a)	31,43 d (a)	32,68 b (a)
4.0 dS (S2)		50,67 b (a)	53,43 b (a)	46,60 b (a)
6.0 dS (S3)		81,71 a (a)	73,97 a (a)	74,61 a (a)
Μάρτυρας (S0)		24,36 b (a)	34,04 c (a)	31,43 b (a)
2 ^ο έτος άνοιξη	2.0 dS (S1)	20,99 b (b)	34,24 c (a)	34,56 b (a)
	4.0 dS (S2)	72,20 a (b)	93,76 a (a)	71,89 a (b)
	6.0 dS (S3)	63,92 a (b)	80,97 b (a)	83,82 a (a)
	Μάρτυρας (S0)	17,60 d (a)	17,67 c (a)	17,60 d (a)
3 ^ο έτος φθινόπωρο	2.0 dS (S1)	26,65 d (b)	49,79 b (a)	36,50 c (ab)
	4.0 dS (S2)	43,42 c (b)	46,48 b (ab)	54,24 b (a)
	6.0 dS (S3)	64,54 b (a)	58,18 ab (a)	68,63 a (a)
	8.0 dS (S4)	76,53 a (a)	68,36 a (a)	71,38 a (a)
	Μάρτυρας (S0)	29,22 d (a)	32,98 c (a)	29,81 c (a)
3 ^ο έτος άνοιξη	2.0 dS (S1)	53,59 cd (a)	45,66 c (a)	48,54 bc (a)
	4.0 dS (S2)	74,57 bc (b)	80,63 b (b)	102,82 a (a)
	6.0 dS (S3)	94,87 b (a)	93,48 b (a)	86,35 ab (a)
	8.0 dS (S4)	200,38 a (a)	173,72 a (ab)	109,28 a (b)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε εποχή και έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Παρόμοια στους 7°C παρατηρήθηκε αύξηση στη μεταχείριση S3 την άνοιξη του 2^{ου} έτους και S2 το φθινόπωρο του 3^{ου} έτους, ενώ η μοναδική περίπτωση που προέκυψε μείωση στη συγκέντρωση του χλωρίου ήταν η μεταχείριση S4 την άνοιξη του 3^{ου} έτους όπου η πολύ υψηλή τιμή του χλωρίου αρχικά (200,38mg 100 g⁻¹ν.β.) μειώθηκε κατά 50% μετά την αποθήκευση (πίνακας 3.4.15).

Νάτριο

Η συγκέντρωση του νατρίου στο στάδιο συγκομιδής του 2^{ου} και του 3^{ου} έτους του πειράματος, όπως φαίνεται και στον πίνακα 3.4.16 αυξήθηκε με την αύξηση της αλατότητας μέχρι και το επίπεδο S4 τόσο την άνοιξη όσο και το φθινόπωρο και με ελάχιστες εξαιρέσεις (π.χ. στα S0 – S3 το φθινόπωρο του 2^{ου} έτους) δεν επηρεάστηκε στη συνέχεια από την αποθήκευση για μια εβδομάδα στους 2 ή 7°C, δηλαδή όσο Na περιείχε το φύλλωμα πριν την αποθήκευση τόσο είχε και μετά. Παρόμοια, στη μεγάλη πλειοψηφία των δειγμάτων μεταξύ των δυο θερμοκρασιών αποθήκευσης δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 3.4.16: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση του νατρίου (mg 100 g⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες το φθινόπωρο και την άνοιξη του δεύτερου έτους.

		Μεταχείριση	Αρχική τιμή	2°C	7°C
2 ^ο έτος φθινόπωρο		Μάρτυρας (S0)	29,82 d (a)	17,41 c (b)	20,17 c (b)
		2.0 dS (S1)	90,09 b (a)	13,25 c (b)	27,48 c (b)
		4.0 dS (S2)	65,07 c (b)	79,20 b (a)	77,91 b (a)
		6.0 dS (S3)	122,75 a (a)	114,18 a (a)	132,08 a (a)
		Μάρτυρας (S0)	43,05 c (a)	24,88 c (a)	47,80 c (a)
2 ^ο έτος άνοιξη		2.0 dS (S1)	53,41 c (a)	56,26 c (a)	51,49 c (a)
		4.0 dS (S2)	246,64 b (b)	296,32 b (a)	113,61 b (c)
		6.0 dS (S3)	329,99 a (a)	369,20 a (a)	392,91 a (a)
		Μάρτυρας (S0)	15,03 d (a)	19,77 d (a)	15,80 d (a)
3 ^ο έτος φθινόπωρο		2.0 dS (S1)	31,09 d (ab)	38,30 d (a)	24,07 d (b)
		4.0 dS (S2)	134,14 c (a)	122,73 c (a)	152,23 c (a)
		6.0 dS (S3)	233,54 b (a)	160,37 b (b)	210,90 b (ab)
		8.0 dS (S4)	306,00 a (a)	304,94 a (a)	260,63 a (a)
		Μάρτυρας (S0)	19,68 e (a)	21,22 c (a)	20,80 d (a)
3 ^ο έτος άνοιξη		2.0 dS (S1)	67,96 d (b)	51,86 c (b)	100,62 d (a)
		4.0 dS (S2)	174,56 c (b)	279,06 b (a)	231,36 c (ab)
		6.0 dS (S3)	387,71 a (a)	325,29 ab (a)	325,31 b (a)
		8.0 dS (S4)	278,35 b (a)	408,53 a (a)	415,03 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε εποχή και έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Κάλιο

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.4.17 η συγκέντρωση του καλίου στο στάδιο συγκομιδής το φθινόπωρο του δεύτερου έτους δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας, ενώ την άνοιξη του ίδιου έτους αυξήθηκε στη μεταχείριση S1. Σε αντίθεση το φθινόπωρο του τρίτου έτους η συγκέντρωση του καλίου κατά τη συγκομιδή μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας, ενώ την άνοιξη αυξήθηκε. Γενικά η συγκέντρωση καλίου δεν επηρεάστηκε από την αποθήκευση και όπου υπήρχαν διαφορές αυτές αφορούσαν κυρίως στην αύξηση του K κατά την αποθήκευση (π.χ. στις μεταχειρίσεις S0 την άνοιξη του 2^{ου} έτους και S1 το φθινόπωρο του 3^{ου} έτους ή S3 την άνοιξη και το φθινόπωρο του 2^{ου} έτους). Μείωση στη συγκέντρωση καλίου παρατηρήθηκε μόνο στο μάρτυρα (S0) το φθινόπωρο του 3^{ου} έτους (2 και 7°C) και στο 2,0 dS m⁻¹ (S1) την άνοιξη του 2^{ου} έτους στους 7°C.

Πίνακας 3.4.17: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση του καλίου (mg 100 g⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για μια εβδομάδα σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες το φθινόπωρο και την άνοιξη του δεύτερου και τρίτου έτους.

		Μεταχείριση	Αρχική τιμή	2 °C		7 °C)		
2 ^ο έτος φθινόπωρο		Μάρτυρας (S0)	645,42	a (a)	651,88	a (a)	664,35	ab (a)
		2.0 dS (S1)	635,84	a (a)	611,62	a (a)	687,32	a (a)
		4.0 dS (S2)	628,00	a (a)	615,75	a (a)	622,70	b (a)
		6.0 dS (S3)	590,65	a (b)	622,21	a (b)	675,77	a (a)
2 ^ο έτος άνοιξη		Μάρτυρας (S0)	800,77	b (b)	889,85	b (a)	841,83	b (ab)
		2.0 dS (S1)	1916,25	a (a)	1569,39	a (a)	1057,98	a (b)
		4.0 dS (S2)	876,34	b (a)	915,46	b (a)	882,28	b (a)
		6.0 dS (S3)	765,17	b (b)	740,22	b (b)	880,00	b (a)
3 ^ο έτος φθινόπωρο			Αρχική τιμή	2 °C		7 °C		
		Μάρτυρας (S0)	744,01	a (a)	579,93	b (b)	580,73	b (b)
		2.0 dS (S1)	661,58	b (b)	746,70	a (a)	655,33	a (b)
		4.0 dS (S2)	536,50	c (a)	522,94	b (a)	483,75	c (a)
		6.0 dS (S3)	460,02	d (a)	453,42	c (a)	524,04	bc (a)
	8.0 dS (S4)	394,29	d (b)	393,08	c (b)	458,54	c (a)	
3 ^ο έτος άνοιξη		Μάρτυρας (S0)	1284,22	b (a)	1069,33	b (b)	1063,11	b (b)
		2.0 dS (S1)	967,97	d (b)	1226,23	b (a)	1328,42	a (a)
		4.0 dS (S2)	1099,40	c (a)	1143,61	b (a)	1159,23	b (a)
		6.0 dS (S3)	1238,76	b (b)	1538,37	a (a)	1457,21	a (a)
		8.0 dS (S4)	1446,60	a (a)	1312,78	ab (a)	1445,43	a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε εποχή και έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Ασβέστιο και μαγνήσιο

Το φθινόπωρο του 2^{ου} έτους προσδιορίστηκε η συγκέντρωση του ασβεστίου και μαγνησίου (πίνακας 3.4.18). Το ασβέστιο τόσο κατά τη συγκομιδή όσο και μετά από αποθήκευση για μια εβδομάδα στους 7°C δεν επηρεάστηκε από τη συγκέντρωση της αλατότητας, ενώ στους 2°C μειώθηκε σημαντικά στο μάρτυρα σε σχέση με τη μεταχείριση S2. Το μαγνήσιο κατά τη συγκομιδή δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας, αλλά μετά την αποθήκευση στους 2°C μειώθηκε στον μάρτυρα, ενώ στους 7°C μειώθηκε στην S2.

Η συγκέντρωση του ασβεστίου μειώθηκε στο μάρτυρα (στους 2 και 7°C) και στο S1 στους 2°C, ενώ η συγκέντρωση του μαγνησίου μειώθηκε στο μάρτυρα στους 2°C και αυξήθηκε στο S1 (στους 7°C) και στο S3 (2 και 7°C).

Πίνακας 3.4.18: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση του ασβεστίου και του μαγνησίου (mg 100 g⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για μια εβδομάδα σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες το φθινόπωρο του δεύτερου έτους.

		2 ^ο έτος φθινόπωρο					
		Μεταχείριση	Αρχική τιμή	2°C		7°C	
Ασβέστιο	Μάρτυρας (S0)		104,53 a (a)	22,677	b (c)	82,768	a (b)
	2.0 dS (S1)		95,46 a (a)	53,534	ab (b)	84,861	a (a)
	4.0 dS (S2)		107,63 a (a)	133,902	a (a)	92,338	a (a)
	6.0 dS (S3)		92,30 a (a)	101,280	ab (a)	102,516	a (a)
Μαγνήσιο	Μάρτυρας (S0)		14,92 a (a)	8,19	b (b)	18,04	a (a)
	2.0 dS (S1)		13,17 a (b)	12,86	ab (b)	19,55	a (a)
	4.0 dS (S2)		15,64 a (a)	18,11	a (a)	14,59	b (a)
	6.0 dS (S3)		13,30 a (b)	17,45	a (a)	18,15	a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε στοιχείο χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Ιχνοστοιχεία

Το φθινόπωρο του δεύτερου έτους προσδιορίστηκαν τα ιχνοστοιχεία μαγγάνιο, ψευδάργυρος και σίδηρο στα φύλλα πριν και μετά από αποθήκευση για μια εβδομάδα στους 2 ή 7°C (πίνακας 3.4.19). Όταν μετρήθηκε στο στάδιο συγκομιδής δεν διαπιστώθηκε επίδραση της αλατότητας σε κανένα από αυτά τα ιχνοστοιχεία. Μετά την αποθήκευση στους 2°C σημειώθηκε μείωση στη συγκέντρωση μαγγανίου και ψευδαργύρου στο μάρτυρα και το S1, ενώ στους 7°C παρατηρήθηκε μείωση μόνο του μαγγανίου στο S3. Η συγκέντρωση του σιδήρου μειώθηκε στο υψηλότερο επίπεδο αλατότητας στους 7°C.

Πίνακας 3.4.19: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων (mg 100 g⁻¹) στα φύλλα του άνηθου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για μια εβδομάδα σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες το φθινόπωρο του δεύτερου έτους.

2 ^ο έτος φθινόπωρο							
	Μεταχείριση	Αρχική τιμή	2 °C	7 °C			
Μαγγάνιο	Μάρτυρας (S0)	0,649	a (a)	0,000	c (b)	0,738	b (a)
	2.0 dS (S1)	0,736	a (b)	0,004	c (c)	1,094	a (a)
	4.0 dS (S2)	0,728	a (a)	0,699	b (a)	0,749	b (a)
	6.0 dS (S3)	0,437	a (b)	0,851	a (a)	0,073	c (c)
Ψευδάργυρο	Μάρτυρας (S0)	0,436	a (a)	0,033	b (b)	0,542	a (a)
	2.0 dS (S1)	0,405	a (b)	0,086	b (c)	0,708	a (a)
	4.0 dS (S2)	0,502	a (a)	0,488	a (a)	0,495	a (a)
	6.0 dS (S3)	0,411	a (a)	0,524	a (a)	0,515	a (a)
Σίδηρο	Μάρτυρας (S0)	0,900	a (a)	0,000	c (b)	0,935	a (a)
	2.0 dS (S1)	0,933	a (a)	0,000	c (a)	0,919	a (a)
	4.0 dS (S2)	0,896	a (a)	0,801	b (a)	0,829	a (a)
	6.0 dS (S3)	0,577	a (b)	0,987	a (a)	0,139	a (c)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε στοιχείο χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής.

Σύνθεση ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία

Επειδή τα φύλλα του άνηθου συσκευάστηκαν σε πλαστικές σακούλες που σφραγίστηκαν αεροστεγώς ώστε να μειωθεί η απώλεια υγρασίας, οι συγκεντρώσεις του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα στη συσκευασία άλλαξαν κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης εξαιτίας της αναπνοής. Ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων αυτών των αερίων πραγματοποιήθηκε στο τέλος της αποθήκευσης (δηλ. μετά από 1 ή 2 εβδομάδες). Επειδή όμως τη δεύτερη εβδομάδα της αποθήκευσης στο 1^ο και 2^ο έτος αναπτύχθηκαν συνθήκες αναεροβίωσης και η συγκέντρωση του οξυγόνου ήταν κάτω από 2% δεν παρουσιάζονται αυτά τα αποτελέσματα.

Κατά το φθινόπωρο του 1^{ου} και του 2^{ου} έτους η συγκέντρωση του οξυγόνου στο τέλος της αποθήκευσης κυμαινόταν μεταξύ 6,4% και 7,6% (μέσος όρος) στις θερμοκρασίες 2 και 5°C, ενώ στους 7°C μειώθηκε στο 3,8% αναδεικνύοντας έτσι μεγαλύτερο ρυθμό αναπνοής στην υψηλότερη θερμοκρασία (πίνακας 3.4.20). Παράλληλα η συγκέντρωση του CO₂ κυμαινόταν στα 10,9-12,4% (μέσος όρος) στις θερμοκρασίες 2 και 5°C, ενώ στους 7°C ήταν 13,8%. Δεν προέκυψε συγκεκριμένη επίδραση του επιπέδου αλατότητας στη συγκέντρωση O₂ ή CO₂, δηλ. δεν φαίνεται να επηρεάσει το ρυθμό αναπνοής του άνηθου. Οι αντίστοιχες τιμές την άνοιξη (μέσοι όροι) ήταν 7,5 και 4,1% O₂ (2 και 7°C) και 10,9 και 13,9% CO₂ (2 και 7°C).

Πίνακας 3.4.20 Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση του οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα (%) στις συσκευασίες με φύλλα του άνηθου μετά από αποθήκευση για μια εβδομάδα σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες το πρώτο και δεύτερο έτος.

Μεταχείριση		O ₂				CO ₂			
		0,5 °C		5 °C		0,5 °C		5 °C	
1 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	6,71	a (a)	8,15	ab (a)	11,92	a (a)	10,62	ab (a)
	1.5 dS (S1)	8,60	a (a)	11,26	a (a)	10,34	a (a)	7,80	b (a)
	3.0 dS (S2)	7,94	a (a)	5,00	b (a)	10,90	a (a)	13,12	a (a)
	4.5 dS (S3)	5,81	a (a)	6,00	b (a)	12,30	a (a)	12,40	a (a)
		2 °C		7 °C		2 °C		7 °C	
2 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	2,28	c (a)	2,83	b (a)	17,40	a (a)	14,42	a (a)
	2.0 dS (S1)	8,58	a (a)	2,72	b(b)	9,98	b (b)	14,40	a (a)
	4.0 dS (S2)	8,84	a (a)	5,28	a (b)	9,98	b (b)	12,70	a (a)
	6.0 dS (S3)	6,03	b (a)	4,49	a (a)	12,16	b (a)	13,46	a (a)
		2 °C		7 °C		2 °C		7 °C	
2 ^ο έτος άνοιξη	Μάρτυρας (S0)	8,90	a (a)	4,56	a (b)	10,24	ab (b)	13,94	a (a)
	2.0 dS (S1)	6,43	ab (a)	3,77	a (a)	12,20	a (a)	15,24	a (a)
	4.0 dS (S2)	5,44	b (a)	4,91	a (a)	12,02	a (a)	14,26	a (a)
	6.0 dS (S3)	9,44	a (a)	3,30	a (a)	9,14	b (a)	12,08	a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε εποχή και έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής και για κάθε ατμόσφαιρα χωριστά.

Στο τρίτο έτος η σύσταση του αέρα στις συσκευασίες μετρήθηκε στο τέλος της αποθήκευσης για μια και δυο εβδομάδες κατά τη φθινοπωρινή περίοδο (πίνακας 3.4.21). Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση στη συγκέντρωση του O₂ και σημαντική αύξηση του CO₂ μεταξύ της 1^{ης} και 2^{ης} εβδομάδας και όπως στα πρώτα δυο χρόνια οι αλλαγές ήταν μεγαλύτερες στην υψηλή θερμοκρασία (7°C) σε σχέση με τη μικρή (2°C).

Πίνακας 3.4.21: Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση του οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα (%) στις συσκευασίες με φύλλα του άνηθου μετά από αποθήκευση για μια ή δυο εβδομάδες σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες το φθινόπωρο του τρίτου έτους.

Μεταχείριση		O ₂ (μικρή συσκευασία)			
		2 °C		7 °C	
		1 ^η εβδομάδα	2 ^η εβδομάδα	1 ^η εβδομάδα	2 ^η εβδομάδα
3 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	*nd	nd	nd	nd
	2.0 dS (S1)	14,41	a (a)	8,04	b (b)
	4.0 dS (S2)	14,65	a (a)	7,36	b (b)
	6.0 dS (S3)	14,22	a (a)	10,80	a (b)
	8.0 dS (S4)	13,05	a (a)	12,32	a (a)
		CO ₂ (μικρή συσκευασία)			
		2 °C		7 °C	
		1 ^η εβδομάδα	2 ^η εβδομάδα	1 ^η εβδομάδα	2 ^η εβδομάδα
3 ^ο έτος φθινόπωρο	Μάρτυρας (S0)	*nd	nd	nd	nd
	2.0 dS (S1)	5,44	a (b)	11,00	a (a)
	4.0 dS (S2)	5,13	a (b)	11,26	a (a)
	6.0 dS (S3)	5,54	a (b)	8,42	b (a)
	8.0 dS (S4)	6,88	a (a)	7,14	b (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε αέριο χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα μέσα στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής και για κάθε θερμοκρασία χωριστά.

*nd: δεν έγιναν οι μετρήσεις λόγω μηχανικής βλάβης.

Οι συγκεντρώσεις O₂ και CO₂ δεν επηρεάστηκαν από το επίπεδο αλατότητας στο οποίο καλλιεργήθηκαν τα φυτά, με εξαίρεση το δείγμα που προερχόταν από το S4 (8,0 dS m⁻¹

¹) όπου η συγκέντρωση του O₂ ήταν υψηλότερη και του CO₂ χαμηλότερη σε σχέση με τα χαμηλότερα επίπεδα αλατότητας μετά τη 2^η εβδομάδα της αποθήκευσης στους 7°C.

Η αναφορά « μικρή συσκευασία» στον πίνακα 3.4.21 σημαίνει ότι στις συσκευασίες στο 3^ο έτος τοποθετήθηκαν λιγότερα φύλλα προκειμένου να μη δημιουργηθούν αναερόβιες συνθήκες, όπως είχε παρατηρηθεί τα προηγούμενα έτη από τη 1^η κιόλας εβδομάδα αποθήκευσης στους 7°C.

Συμπεράσματα

Επίδραση της αλατότητας και των συνθηκών αποθήκευσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου

Η απώλεια βάρους το φθινόπωρο ήταν υψηλότερη στους 0,5°C σε σχέση με τις υψηλότερες θερμοκρασίες λόγω καταπόνησης στη χαμηλή θερμοκρασία. Την άνοιξη η απώλεια βάρους αυξανόταν με την αύξηση της διάρκειας αποθήκευσης ανεξάρτητα της θερμοκρασίας, ενώ ήταν αυξημένη στους 7°C σε σχέση με τους 2°C.

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης το φθινόπωρο δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της διάρκειας αποθήκευσης (με εξαίρεση τη μείωση στο S4 στους 7°C) παρά μόνο στο μάρτυρα μειώθηκε στους 5°C και αυξήθηκε στους 7°C σε σχέση με την αρχική τιμή. Η αύξηση της διάρκειας αποθήκευσης προκάλεσε αύξηση στο μάρτυρα και το S1 σε σχέση με τις αρχικές τιμές τόσο στους 2°C όσο και στους 7°C. Την άνοιξη παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης στο S1 την πρώτη εβδομάδα, ενώ τη δεύτερη εβδομάδα μειώθηκε στο S1 και αυξήθηκε στο S2 στους 7°C. Η αύξηση της διάρκειας αποθήκευσης δεν επηρέασε με συγκεκριμένο τρόπο τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης.

Η αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης το φθινόπωρο προκάλεσε μείωση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών στα 4 dS m⁻¹ στους 7°C στο 2^ο έτος, ενώ στο 3^ο παρατηρήθηκε μείωση στα 2 dS m⁻¹ και αύξηση στα 4, 6 και 8 dS m⁻¹ την 1^η εβδομάδα. Η αύξηση της διάρκειας αποθήκευσης προκάλεσε αύξηση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών στο μάρτυρα ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία. Την άνοιξη παρατηρήθηκε αύξηση την 2^η εβδομάδα στο μάρτυρα και τα 2 dS m⁻¹ με την αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης. Μετά την αποθήκευση σημειώθηκε μείωση στις περισσότερες περιπτώσεις την 1^η εβδομάδα σε σχέση με την αρχική τιμή ενώ τη 2^η εβδομάδα παρατηρήθηκαν αυξομειώσεις.

Η συγκέντρωση της βιταμίνης C το φθινόπωρο του 2^{ου} έτους μειώθηκε με την αύξηση της θερμοκρασίας στους 7°C (0,63, 2 και 4 dS m⁻¹), ενώ στους 5°C η μείωση ήταν σημαντική μόνο στο μάρτυρα. Στο τρίτο έτος παρατηρήθηκε μείωση τη 2^η εβδομάδα στους

7°C. Η αύξηση της διάρκειας αποθήκευσης προκάλεσε μείωση της βιταμίνης C στο μάρτυρα και τα 2 dS m⁻¹ ανεξάρτητα της θερμοκρασίας. Την άνοιξη η αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης προκάλεσε μείωση της συγκέντρωσης της βιταμίνης C σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις, ενώ η αύξηση της διάρκειας αποθήκευσης σε ορισμένες περιπτώσεις προκάλεσε αύξηση και σε άλλες μείωση.

Η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών το φθινόπωρο δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης, παρά μόνο μειώθηκε σε σχέση με τις αρχικές τιμές σε πολλές περιπτώσεις κυρίως στο μάρτυρα, το 1,5 και 2 dS m⁻¹. Η διάρκεια της αποθήκευσης δεν προκάλεσε σημαντικές αλλαγές αλλά μόνο μείωση σε σχέση με τις αρχικές τιμές στα 6 και 8 dS m⁻¹. Την άνοιξη η θερμοκρασία αποθήκευσης δεν επηρέασε με συγκεκριμένο τρόπο τη συγκέντρωση των φαινολικών, ενώ η αύξηση της διάρκειας αποθήκευσης προκάλεσε μείωση κυρίως σε σχέση με τις αρχικές τιμές.

Η ξηρά ουσία είτε μειώθηκε, είτε αυξήθηκε είτε δεν επηρεάστηκε από τη θερμοκρασία αποθήκευσης το φθινόπωρο και δεν επηρεάστηκε από τη διάρκεια αποθήκευσης. Την άνοιξη η ξηρά ουσία δεν επηρεάστηκε από τη θερμοκρασία ή τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Η συγκέντρωση των νιτρικών αυξήθηκε τόσο μετά την αποθήκευση σε σχέση με τις αρχικές τιμές όσο και με τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Σε αντίθεση, η συγκέντρωση χλωρίου, νατρίου και καλίου στις περισσότερες περιπτώσεις δεν επηρεάστηκαν από την αποθήκευση, ενώ η συγκέντρωση του ασβεστίου και του μαγνησίου αυξήθηκαν στους 7°C σε σχέση με τους 2°C. Τα ιχνοστοιχεία (μαγγάνιο, ψευδάργυρος και σίδηρο) αυξήθηκαν στις μεταχειρίσεις S0 και S1, ενώ μειώθηκαν στο S3.

Η σύσταση της ατμόσφαιρας μέσα στις συσκευασίες επηρεάστηκε από την αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ τη δεύτερη εβδομάδα σημειώθηκε μείωση στη συγκέντρωση του O₂ και αύξηση του CO₂.

Συμπερασματικά καταλήγουμε ότι η συγκέντρωση της χλωροφύλλης, των καροτενοειδών, της βιταμίνης C και των ολικών φαινολικών είτε μειώθηκε είτε δεν επηρεάστηκε μετά την αποθήκευση ανεξάρτητα της εποχής σποράς.

Η συγκέντρωση των νιτρικών, του χλωρίου και του νατρίου μειώθηκε με την αύξηση τη αλατότητας μετά την αποθήκευση, ενώ αντίθετα η συγκέντρωση του καλίου μειώθηκε. Το ασβέστιο και το μαγνήσιο δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από την αλατότητα, ενώ τα ιχνοστοιχεία εμφάνισαν αύξηση ανάλογα με την αλατότητα στους 2°C.

3.5 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην ανάπτυξη, την παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου την άνοιξη

Στο πείραμα της υδατικής καταπόνησης πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις μόνο κατά τη συγκομιδή των φυτών καθώς δεν υπήρχαν αρκετά φύλλα για αποθήκευση. Αυτό συνέβη επειδή την άνοιξη ο άνηθος ανθίζει πολύ σύντομα και το φυτό στην ουσία σταματάει να βγάζει φύλλα όταν αρχίσει η άνθηση. Επίσης, στο πρώτο έτος (άνοιξη 2012) επειδή χάθηκαν πολλά φυτά λόγω μυκητολογικών ασθενειών δεν υπήρχε αρκετός φυτικός ιστός για ξήρανση και προσδιορισμό τόσο της ξηράς ουσίας όσο και των θρεπτικών στοιχείων.

3.5.A. Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην ανάπτυξη του άνηθου

Το πείραμα της υδατικής καταπόνησης έγινε μόνο την άνοιξη του 2012 και 2013 καθώς το φθινόπωρο του 2010 που επιχειρήθηκε να πραγματοποιηθεί το πείραμα απέτυχε καθώς δεν ήταν δυνατόν να επιτευχθούν οι μεταχειρίσεις.

Το ύψος των φυτών, σύμφωνα με τον πίνακα 3.5.1, στο πρώτο έτος μειώθηκε με την εφαρμογή της υδατικής καταπόνησης αλλά στο δεύτερο έτος δεν σημειώθηκε σημαντική διαφορά. Ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό μειώθηκε με την εφαρμογή της υδατικής καταπόνησης στο WS 40 το πρώτο έτος χωρίς περαιτέρω μεταβολή, αλλά στο δεύτερο έτος η μείωση ήταν μεγαλύτερη στο WS 60. Το βάρος των φυτών μειώθηκε και στα δύο πειράματα με την αύξηση της υδατικής καταπόνησης μέχρι το μέγιστο επίπεδο.

Πίνακας 3.5.1: Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στο ύψος του φυτού, τον αριθμό των φύλλων και το νωπό βάρος του φυτού.

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Ύψος φυτού (cm)	Αριθμός φύλλων φυτό ⁻¹	Βάρος (g φυτό ⁻¹)
Άνοιξη 2012	WS20	45,90 a	6,2 a	42,44 a
	WS40	37,00 b	5,0 b	26,17 b
	WS60	39,97 b	4,6 b	21,75 c
Άνοιξη 2013	WS20	25,16 a	5,1 a	12,26 a
	WS40	24,85 a	4,3 b	9,07 b
	WS60	24,64 a	3,5 c	5,81 c

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Στο πρώτο επίπεδο η άρδευση γινόταν όταν η ένδειξη του τασιμέτρου ήταν 30-40 %, ενώ στο δεύτερο επίπεδο όταν η ένδειξη ήταν 50-60 %. Ο μάρτυρας ποτίζονταν με συχνότητα ώστε η ένδειξη του τασιμέτρου να κυμαίνεται στο 15-20 %.

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.5.2, η επίδραση της υδατικής καταπόνησης ήταν σημαντική στο νωπό βάρος των φύλλων καθώς μειώθηκε με την αύξησή της και στα δύο έτη του πειράματος. Το νωπό βάρος των στελεχών τον πρώτο χρόνο μειώθηκε με την εφαρμογή της υδατικής καταπόνησης σε σχέση με τον μάρτυρα αλλά στο δεύτερο έτος δε φάνηκε

καμία επίδραση. Από τη σχέση φύλλων / στελεχών προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα φύλλα είχαν μεγαλύτερο βάρος σε σχέση με τα στελέχη σε όλες τις περιπτώσεις με εξαίρεση το WS 60 στο δεύτερο έτος. Η αύξηση της υδατικής καταπόνησης στο WS 60 μείωσε τη διαφορά φύλλων / στελεχών τόσο στο πρώτο έτος όσο και στο δεύτερο.

Πίνακας 3.5.2: Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στο νωπό βάρος των φύλλων και των στελεχών του φυτού, και στη σχέση φύλλων προς στελεχών.

Εποχή σπορά	Μεταχείριση	Νωπό βάρος (g φυτό ⁻¹)		Σχέση φύλλων / στελεχών
		Φύλλα	Στελέχη	
Ανοιξη 2012	WS20	30,62 a	13,10 a	2,39 a
	WS40	20,40 b	7,01 b	2,91 a
	WS60	15,78 c	9,25 b	1,76 b
Ανοιξη 2013	WS20	9,16 a	3,10 a	3,56 a
	WS40	5,71 b	3,35 a	2,64 ab
	WS60	2,38 c	3,42 a	-0,74 b

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

3.5.B. Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου

Χλωροφύλλη

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α και της ολικής χλωροφύλλης, όπως φαίνεται και στον πίνακα 3.5.3, στο πρώτο έτος αυξήθηκε με την εφαρμογή της υδατικής καταπόνησης WS 40, ενώ στο δεύτερο έτος δεν επηρεάστηκε από τις μεταχειρίσεις. Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης β στο πρώτο έτος δεν μεταβλήθηκε από της αύξηση της υδατικής καταπόνησης, σε αντίθεση με το δεύτερο έτος, όπου αυξήθηκε στη μεταχείριση WS 60 σε σχέση με το μάρτυρα.

Πίνακας 3.5.3: Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, β και ολικής στα φύλλα (mg 100g νωπού βάρους⁻¹).

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Χλωροφύλλη α	Χλωροφύλλη β	Χλωροφύλλη ολική
Ανοιξη 2012	WS20	232,26 b	106,09 a	338,34 b
	WS40	298,56 a	151,34 a	449,90 a
	WS60	235,24 b	137,24 a	372,48 ab
Ανοιξη 2013	WS20	200,74 a	100,95 b	301,69 a
	WS40	199,54 a	109,52 ab	309,06 a
	WS60	192,31 a	119,36 a	311,67 a

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Αντιοξειδωτικά

Η συγκέντρωση των καροτενοειδών, της βιταμίνης C και των ολικών φαινολικών (πίνακας 3.5.4) δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της υδατικής καταπόνησης στα φυτά τόσο στο πρώτο όσο και στο δεύτερο έτος του πειράματος.

Πίνακας 3.5.4: Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στη συγκέντρωση των καροτενοειδών, της βιταμίνης C και των ολικών φαινολικών στα φύλλα (mg 100g νωπού βάρους⁻¹).

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Καροτενοειδή	Βιταμίνη C	Ολικά φαινολικά
Άνοιξη 2012	WS20	28,59 a	324,38 a	239,34 a
	WS40	27,51 a	333,78 a	233,76 a
	WS60	36,16 a	370,41 a	249,28 a
Άνοιξη 2013	WS20	27,94 a	318,83 a	278,29 a
	WS40	24,19 a	311,74 a	247,30 a
	WS60	23,37 a	305,77 a	252,74 a

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε έτος χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Ανόργανα στοιχεία

Ο προσδιορισμός της επίδρασης της υδατικής καταπόνησης στη σύσταση του άνθητου σε ανόργανα στοιχεία έγινε μόνο στο δεύτερο έτος λόγω έλλειψης φυτικού ιστού στο 1^ο έτος.

Νιτρικά

Η αύξηση της υδατικής καταπόνησης στα φυτά προκάλεσε αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών τόσο στα φύλλα, στα επίπεδα WS 40 και WS 60, όσο και στα στελέχη, στο επίπεδο WS 60. Η σύγκριση των φύλλων και των στελεχών έδειξε μείωση της συγκέντρωσης των νιτρικών στα στελέχη μόνο στο επίπεδο WS 40 (πίνακας 3.5.5).

Πίνακας 3.5.5: Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στη συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα (mg 100g νωπού βάρους⁻¹).

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Φύλλα	Στελέχη
Άνοιξη 2013	WS20	75,59 b (a)	102,74 b (a)
	WS40	260,03 a (a)	79,87 b (b)
	WS60	342,39 a (a)	392,89 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Χλώριο

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.5.6, η συγκέντρωση του χλωρίου στα φύλλα μειώθηκε με την εφαρμογή της υδατικής καταπόνησης σε σχέση με τον μάρτυρα, αλλά στα στελέχη δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση. Η σύγκριση φύλλων / στελεχών έδειξε αυξημένη συγκέντρωση χλωρίου στα στελέχη σε σχέση με τα φύλλα σε όλες τις μεταχειρίσεις.

Πίνακας 3.5.6: Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στη συγκέντρωση του χλωρίου στα φύλλα και στελέχη (mg 100g νωπού βάρους⁻¹).

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Φύλλα	Στελέχη
Άνοιξη 2013	WS20	18,79 a (b)	35,53 a (a)
	WS40	9,29 b (b)	22,38 a (a)
	WS60	9,72 b (b)	35,51 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Νάτριο

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.5.7, η εφαρμογή της υδατικής καταπόνησης προκάλεσε μείωση στη συγκέντρωση νατρίου στα φύλλα, αλλά δεν είχε καμία επίδραση στα στελέχη. Η σύγκριση των φύλλων με τα στελέχη έδειξε αυξημένη συγκέντρωση νατρίου στα στελέχη σε σχέση με τα φύλλα στις μεταχειρίσεις WS 40 και WS 60.

Πίνακας 3.5.7: Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στη συγκέντρωση του νατρίου στα φύλλα και τα στελέχη (mg 100g νωπού βάρους⁻¹).

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Φύλλα	Στελέχη
Άνοιξη 2013	WS20	39,73 a (a)	31,87 a (a)
	WS40	16,15 b (b)	49,89 a (a)
	WS60	13,55 b (b)	26,97 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Κάλιο

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.5.8, η συγκέντρωση του καλίου μειώθηκε με την εφαρμογή της υδατικής καταπόνησης στο επίπεδο WS 60 στα φύλλα, ενώ στα στελέχη αυξήθηκε στο επίπεδο WS 40 σε σχέση με τα άλλα δύο επίπεδα. Η σύγκριση φύλλων / στελεχών έδειξε αυξημένη συγκέντρωση καλίου στα στελέχη στα επίπεδα WS 40 και WS 60.

Πίνακας 3.5.8: Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στη συγκέντρωση του καλίου στα φύλλα και στελέχη (mg 100g νωπού βάρους⁻¹).

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Φύλλα	Στελέχη
Άνοιξη 2013	WS20	549,32 a (a)	448,62 b (a)
	WS40	589,27 a (b)	845,10 a (a)
	WS60	329,76 b (b)	375,54 b (a)

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Ξηρά ουσία

Η ξηρά ουσία προσδιορίστηκε μόνο στο δεύτερο έτος καθώς στο πρώτο δεν υπήρχε αρκετός φυτικός ιστός για ξήρανση και προσδιορισμό της ξηράς ουσίας. Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.5.9, η ξηρά ουσία στα φύλλα αυξήθηκε με την αύξηση της υδατικής καταπόνησης στο επίπεδο WS 60 σε σχέση με το μάρτυρα και το WS 40, ενώ στα στελέχη αυξανόταν συνεχώς με την αύξηση της υδατικής καταπόνησης. Η σύγκριση των φύλλων και των στελεχών έδειξε ότι η ξηρά ουσία στα στελέχη ήταν πολύ μειωμένη σε σχέση με τα φύλλα.

Πίνακας 3.5.9: Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στο ποσοστό ξηράς ουσίας (%) σε φύλλα και στελέχη.

Εποχή σποράς	Μεταχείριση	Φύλλα	Στελέχη
Ανοιξη 2013	WS20	21,86 b (a)	12,08 c (b)
	WS40	22,70 b (a)	15,10 b (b)
	WS60	29,11 a (a)	17,59 a (b)

Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Συμπεράσματα

Επίδραση υδατικής καταπόνησης στην ανάπτυξη των φυτών

Η αύξηση της υδατικής καταπόνησης στα φυτά προκάλεσε μείωση τόσο στον αριθμό των φύλλων ανά φυτό όσο και στο βάρος των φυτών και στα δύο έτη του πειράματος. Η μείωση ήταν ιδιαίτερα αισθητή στο 2^ο έτος σε σχέση με το 1^ο καθώς η καλλιεργητική περίοδος ήταν μικρότερη. Το ύψος των φυτών μειώθηκε μόνο στο πρώτο έτος με την εφαρμογή της υδατικής καταπόνησης, ενώ στο δεύτερο έτος δεν φάνηκε καμία επίδραση. Το ύψος όπως και το βάρος επηρεάστηκαν περισσότερο από την υδατική καταπόνηση σε σχέση με την αλατότητα. Το νωπό βάρος των φύλλων μειώθηκε και στα δύο έτη με την αύξηση της υδατικής καταπόνησης, ενώ το βάρος των στελεχών μειώθηκε μόνο στο πρώτο έτος. Η σύγκριση φύλλων / στελεχών έδειξε ότι τα φύλλα είχαν μεγαλύτερο βάρος από τα στελέχη σε όλες τις περιπτώσεις εκτός από το επίπεδο WS 60 στο δεύτερο έτος.

Επίδραση υδατικής καταπόνησης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α και της ολικής χλωροφύλλης στο πρώτο έτος αυξήθηκε σημαντικά στο επίπεδο WS 40, ενώ η συγκέντρωση της χλωροφύλλης β αυξήθηκε σε σχέση με τον μάρτυρα στο επίπεδο WS 60, οπότε παρά την καταπόνηση δεν

παρουσιάστηκε χλώρωση στα φύλλα. Η αύξηση της υδατικής καταπόνησης δεν προκάλεσε καμία αξιόλογη μεταβολή στη συγκέντρωση των καροτενοειδών (σε αντίθεση με την αλατότητα που προκάλεσε μείωση των καροτενοειδών), της βιταμίνης C και των ολικών φαινολικών. Η ξηρά ουσία αυξήθηκε με την αύξηση της υδατικής καταπόνησης στα φύλλα στο επίπεδο WS 60, ενώ στα στελέχη αυξήθηκε ανάλογα με το επίπεδο των επεμβάσεων. Δηλαδή φαίνεται ότι η περιεκτικότητα των στελεχών σε νερό αυξανόταν υπό την επίδραση υψηλής υδατικής καταπόνησης εις βάρος των φύλλων. Η σύγκριση φύλλων / στελεχών έδειξε ότι τα στελέχη είχαν μειωμένη ξηρά ουσία σε σχέση με τα φύλλα σε όλες τις περιπτώσεις.

Επίδραση υδατικής καταπόνησης στα ανόργανα στοιχεία

Ο προσδιορισμός των ανόργανων στοιχείων πραγματοποιήθηκε μόνο στο δεύτερο έτος του πειράματος. Τα νιτρικά αυξήθηκαν με την αύξηση της υδατικής καταπόνησης στα φύλλα στα επίπεδα WS 40 και WS 60 σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ στα στελέχη η αύξηση ήταν σημαντική μόνο στο επίπεδο WS 60. Η διαφορά μεταξύ φύλλων και στελεχών ήταν σημαντική μόνο στο επίπεδο WS 40. Η συγκέντρωση του χλωρίου και του νατρίου μειώθηκε με την εφαρμογή της υδατικής καταπόνησης στα φύλλα (σε αντίθεση με την καταπόνηση λόγω αλατότητας όπου αυξήθηκαν), ενώ τα στελέχη φάνηκε να έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα από τα φύλλα. Η περιεκτικότητα των φύλλων σε κάλιο μειώθηκε στο επίπεδο WS 60, ενώ στα στελέχη αυξήθηκε στο επίπεδο WS 40. Τα στελέχη είχαν αυξημένη συγκέντρωση καλίου στα επίπεδα WS 40 και WS 60 σε σχέση με τα φύλλα. Ωστόσο, γενικά η υδατική καταπόνηση επηρέασε τη περιεκτικότητα των ιστών σε ανόργανα στοιχεία σε πολύ μικρότερο βαθμό σε σχέση με τη καταπόνηση λόγω αλατότητας.

3.6 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και της αλατότητας στην ανάπτυξη, παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά πέντε ποικιλιών άνηθου σε δύο εποχές σποράς

Επειδή η μελέτη της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης και της αλατότητας πραγματοποιήθηκε σε βάθος σε μια ποικιλία άνηθου (την ποικιλία Dukat, κεφ 3.1-3.5), κατά το έτος 2012 - 2013 πραγματοποιήθηκε ένα ακόμη πείραμα όπου οι παράγοντες N-λίπανση και αλατότητα μελετήθηκαν σε πέντε ποικιλίες ώστε να ανιχνευτούν τυχόν διαφορές στη συμπεριφορά γονοτύπων. Η καλλιέργεια έγινε σε δυο εποχές (φθινόπωρο και άνοιξη) στην περιοχή του Κορωπίου, Αττικής, ενώ οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γ.Π.Α. Η φθινοπωρινή σπορά έγινε στις 10/10/2012, η μεταφύτευση στις 02/12/2012 και η συγκομιδή στις 04/03/2013. Η ανοιξιάτικη σπορά πραγματοποιήθηκε στις 06/02/2013, η μεταφύτευση στις 24/03/2013 και η συγκομιδή στις 30/04/2013. Σε κάθε πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 100 γλάστρες, χωρητικότητας 11L, (5 ποικιλίες x 5 μεταχειρίσεις x 4 επαναλήψεις). Οι μεταχειρίσεις ήταν οι εξής: N 50 (50 ppm N) (μάρτυρας), N 150 (150 ppm N), N 300 (300 ppm N) – S2 (μάρτυρας αλατότητας), S4 (4 dS m⁻¹) και S8 (8 dS m⁻¹). Η τεχνική καλλιέργειας όπως και οι αναλυτικές μέθοδοι ήταν ίδιες με αυτές που περιγράφηκαν στις μεθόδους.

3.6.A Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης κατά τη φθινοπωρινή σπορά

Ανάπτυξη φυτού

Σε όλες τις επεμβάσεις αζώτου, η Tetra είχε τα υψηλότερα φυτά, ενώ οι ποικιλίες Diana και Dill είχαν τα χαμηλότερα φυτά, ειδικά στη μεταχείριση N 300. Η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης δεν επηρέασε το ύψος των φυτών σε καμία ποικιλία, με εξαίρεση τη Dukat, όπου σημειώθηκε αύξηση στα 150 ppm N σε σχέση με το μάρτυρα.

Το μεγαλύτερο βάρος των φυτών παρατηρήθηκε στη Dill στο μάρτυρα, ενώ στις υψηλότερες συγκεντρώσεις αζώτου στη Diana τα φυτά είχαν σημαντικά μικρότερο βάρος σε σχέση με τις ποικιλίες Bouquet και Tetra στα 150 ppm N και τις Tetra και Dill στα 300 ppm N. Η επίδραση της αύξησης της αζωτούχου λίπανσης ήταν σημαντική μόνο στην Tetra, όπου το βάρος των φυτών αυξανόταν ανάλογα με την αύξηση του αζώτου.

Ο αριθμός των φύλλων στο μάρτυρα ήταν αυξημένος στη Bouquet σε σχέση με τη Dukat. Στη μεταχείριση N 150 δεν υπήρχε καμία διαφορά μεταξύ των ποικιλιών, ενώ στη μέγιστη συγκέντρωση N τα φυτά της ποικιλίας Tetra είχαν περισσότερα φύλλα σε σχέση με τη Diana. Μόνο στη Tetra, ο αριθμός των φύλλων αυξανόταν ανάλογα με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης (πίνακας 3.6.1).

Το βάρος των στελεχών κυμάνθηκε μεταξύ 3,37 και 15,95g χωρίς να επηρεάζεται από την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης. Οι χαμηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στη Diana και οι υψηλότερες στη Bouquet και τη Tetra. Η σχέση φύλλων / στελεχών κυμάνθηκε μεταξύ 5 και 10,63, χωρίς σημαντική επίδραση από την αζωτούχο λίπανση, ενώ η χαμηλότερη τιμή σημειώθηκε στο μάρτυρα της Tetra.

Πίνακας 3.6.1: Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στο ύψος του φυτού, το νωπό βάρος του φυτού και τον αριθμό των φύλλων ανά φυτό το φθινόπωρο.

	Ποικιλία	Μάρτυρας (N 50)	N 150	N 300
Ύψος φυτού (cm)	BOUQUET	46,38 a (a)	44,91 ab (a)	41,11 b (a)
	DIANA	34,83 b (a)	35,61 b (a)	27,67 c (a)
	DILL	39,19 b (a)	35,62 b (a)	36,72 bc (a)
	DUKAT	37,25 b (b)	44,70 ab (a)	39,99 b (ab)
	TETRA	48,59 a (a)	49,89 a (a)	50,74 a (a)
Βάρος φυτού (g)	BOUQUET	75,28 ab (a)	92,39 a (a)	77,96 ab (a)
	DIANA	40,32 c (a)	39,85 b (a)	33,12 b (a)
	DILL	86,20 a (a)	53,58 ab (a)	91,26 a (a)
	DUKAT	47,38 bc (a)	65,34 ab (a)	72,27 ab (a)
	TETRA	61,83 ab (b)	86,37 a (ab)	101,81 a (a)
Αριθμός φύλλων	BOUQUET	12,25 a (a)	10,82 a (a)	10,89 ab (a)
	DIANA	9,33 ab (a)	8,78 a (a)	8,67 b (a)
	DILL	11,25 ab (a)	12,50 a (a)	12,57 ab (a)
	DUKAT	8,85 b (a)	11,50 a (a)	11,79 ab (a)
	TETRA	10,57 ab (b)	12,54 a (ab)	17,00 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε χαρακτηριστικό χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης στο μάρτυρα ήταν αυξημένη στην ποικιλία Diana σε σχέση με τις ποικιλίες Dukat και Tetra, ενώ στα 150 ppm N δεν παρατηρήθηκε καμία διαφορά (πίνακας 3.6.2). Στα 300 ppm N παρατηρήθηκε μειωμένη συγκέντρωση ολικής χλωροφύλλης στην Tetra σε σχέση με τη Bouquet και τη Dill. Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης ήταν σημαντική μόνο στη Dukat, όπου σημειώθηκε αύξηση με την αύξηση του αζώτου. Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α και β προσδιορίστηκε αλλά καθώς είναι παρόμοια με την ολική χλωροφύλλη δεν παρουσιάζονται εδώ.

Η συγκέντρωση των καροτενοειδών ήταν αυξημένη στην ποικιλία Tetra σε σχέση με όλες τις άλλες ποικιλίες, ανεξάρτητα από την επέμβαση αζώτου. Στις ποικιλίες Bouquet και Diana η συγκέντρωση των καροτενοειδών αυξήθηκε στην επέμβαση N 150 σε σχέση με το μάρτυρα αλλά όχι στα 300 ppm N (πίνακας 3.6.2).

Πίνακας 3.6.2: Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης και των καροτενοειδών (mg 100g νωπού βάρους⁻¹) στα φύλλα του άνηθου το φθινόπωρο.

	Ποικιλία	Μάρτυρας (N 50)	N 150		N 300	
Ολική χλωροφύλλη	BOUQUET	155,51 ab (ab)	144,70	a (b)	191,56	a (a)
	DIANA	174,55 a (a)	170,36	a (a)	158,40	ab (a)
	DILL	150,61 ab (a)	173,28	a (a)	189,95	a (a)
	DUKAT	125,21 b (b)	145,79	a (ab)	153,39	ab (a)
	TETRA	134,97 b (a)	140,22	a (a)	129,55	b (a)
Καροτενοειδή	BOUQUET	13,83 c (b)	18,78	bc (a)	14,65	c (ab)
	DIANA	15,82 c (b)	21,88	b (a)	18,86	b (ab)
	DILL	19,83 b (a)	15,37	d (b)	18,92	b (a)
	DUKAT	13,96 c (a)	16,55	cd (a)	15,71	bc (a)
	TETRA	28,17 a (a)	28,74	a (a)	28,29	a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε χαρακτηριστικό χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των ποικιλιών, και οι τιμές κυμάνθηκαν μεταξύ 179,48 και 320,94 mg 100g⁻¹ νωπού βάρους. Η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης δεν προκάλεσε αξιόλογες μεταβολές.

Η ξηρά ουσία είχε τιμές μεταξύ 14,39% και 18,5%. Οι ποικιλίες Dukat και Tetra εμφάνισαν τις χαμηλότερες τιμές, ενώ η αύξηση του αζώτου προκάλεσε μείωση στη Dill και τη Dukat, ενώ στη Bouquet προκάλεσε αύξηση.

3.6.B Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης κατά την ανοιξιάτικη σπορά

Ανάπτυξη φυτού

Το ύψος των φυτών την άνοιξη ήταν υψηλότερο στη Dill σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες (πλην της Dukat στο μάρτυρα και στα 300 ppm N) σε όλες τις μεταχειρίσεις του αζώτου, ενώ αυξήθηκε με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης μόνο στην ποικιλία Diana.

Το βάρος των φυτών ήταν υψηλότερο στις Dill και Dukat, σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες στο μάρτυρα, αλλά στα 150 ppm N η διαφορά ήταν σημαντική μόνο στη Dill. Στη μεταχείριση N 300 τα φυτά της ποικιλίας Tetra είχαν σημαντικά μικρότερο βάρος σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες, με εξαίρεση τη Bouquet.

Ο αριθμός των φύλλων ήταν υψηλότερος στη Bouquet στο μάρτυρα σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες (πλην της Dukat), ενώ στα 150 ppm N παρατηρήθηκε μείωση στη Dukat και Tetra. Ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό στα 300 ppm N αυξήθηκε με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης σε όλες τις ποικιλίες εκτός από τη Dukat και την Tetra (πίνακας 3.6.3).

Το βάρος των στελεχών κυμάνθηκε μεταξύ 3,57 και 12,27g με υψηλότερες τιμές στην ποικιλία Bouquet. Η εφαρμογή αζώτου προκάλεσε αύξηση του βάρους των στελεχών στις ποικιλίες Bouquet, Diana και Tetra. Η σχέση φύλλων / στελεχών κυμάνθηκε μεταξύ 2,96 και 11,27 χωρίς καμία επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και την ποικιλία.

Πίνακας 3.6.3: Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στο ύψος του φυτού, το νωπό βάρος του φυτού και τον αριθμό των φύλλων ανά φυτό την άνοιξη.

	Ποικιλία	Μάρτυρας (N 50)	N 150	N 300
Ύψος φυτού (cm)	BOUQUET	37,83 c (a)	41,81 bc (a)	42,67 b (a)
	DIANA	34,43 c (b)	38,50 c (b)	44,00 b (a)
	DILL	49,79 a (a)	52,46 a (a)	51,39 a (a)
	DUKAT	45,15 ab (a)	46,27 b (a)	46,72 ab (a)
	TETRA	43,53 b (a)	43,10 bc (a)	43,47 b (a)
Βάρος φυτού (g)	BOUQUET	23,35 b (b)	30,13 b (ab)	38,85 ab (a)
	DIANA	18,46 b (c)	30,06 b (b)	45,20 a (a)
	DILL	34,24 a (b)	55,46 a (a)	51,90 a (a)
	DUKAT	32,32 a (b)	32,17 b (b)	48,95 a (a)
	TETRA	22,03 b (b)	28,72 b (ab)	30,21 b (a)
Αριθμός φύλλων	BOUQUET	8,27 a (b)	8,19 b (b)	11,27 a (a)
	DIANA	6,53 bc (c)	8,38 ab (b)	10,00 a (a)
	DILL	6,53 bc (b)	9,50 a (a)	9,53 ab (a)
	DUKAT	7,60 ab (a)	5,85 c (b)	7,50 bc (a)
	TETRA	6,00 c (a)	6,13 c (a)	6,63 c (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε χαρακτηριστικό χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης ήταν μειωμένη στο μάρτυρα στη Dill σε σχέση με τη Dukat, ενώ στα 300 ppm N ήταν αυξημένη στη Diana, όπου και σημειώθηκε αύξηση ανάλογη της αύξησης της αζωτούχου λίπανσης (πίνακας 3.6.4).

Πίνακας 3.6.4: Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης και των καροτενοειδών ($\text{mg } 100\text{g νωπού βάρους}^{-1}$) στα φύλλα του άνηθου την άνοιξη.

	Ποικιλία	Μάρτυρας (N 50)	N 150	N 300
Ολική χλωροφύλλη	BOUQUET	141,43 ab (a)	179,33 a (a)	154,23 b (a)
	DIANA	135,14 ab (b)	178,56 a (ab)	284,93 a (a)
	DILL	104,28 b (a)	144,60 a (a)	144,77 b (a)
	DUKAT	227,67 a (a)	187,23 a (a)	214,17 b (a)
	TETRA	174,82 ab (a)	210,40 a (a)	203,38 b (a)
Καροτενοειδή	BOUQUET	16,78 a (a)	20,37 a (a)	16,33 a (a)
	DIANA	16,73 a (a)	19,69 a (a)	16,95 a (a)
	DILL	9,71 b (a)	10,56 b (a)	11,06 a (a)
	DUKAT	19,85 a (a)	16,83 a (a)	15,81 a (a)
	TETRA	15,53 a (a)	15,19 ab (a)	15,70 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε χαρακτηριστικό χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Η συγκέντρωση των καροτενοειδών ήταν μειωμένη στη Dill στο μάρτυρα και τα 150 ppm N, σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες, ενώ στα 300 ppm N δεν παρατηρήθηκε καμία διαφορά μεταξύ ποικιλιών. Η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης δεν επηρέασε σε καμία ποικιλία τη συγκέντρωση των καροτενοειδών (πίνακας 3.6.4).

Η ξηρά ουσία στο μάρτυρα δεν έδειξε διαφορές μεταξύ των ποικιλιών, ενώ κυμάνθηκε μεταξύ 17,3 και 20,55%. Η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης προκάλεσε αύξηση της ξηράς ουσίας στις Bouquet και Diana, και μείωση στις Dill και Dukat.

Η συγκέντρωση των νιτρικών στο μάρτυρα ήταν υψηλή στη Dill (379,13 mg 100g v.β.⁻¹) και σημαντικά μειωμένη στις Bouquet, Diana, Tetra (8,14-62,05 mg 100g v.β.⁻¹). Στα 150 ppm N οι υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών προσδιορίστηκαν στη Diana και τη Tetra, ενώ στα 300 ppm N στη Diana και τη Dill. Η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης προκάλεσε ανάλογη αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών στις ποικιλίες Bouquet, Diana και Tetra.

3.6.Γ Επίδραση της αλατότητας κατά τη φθινοπωρινή σπορά

Ανάπτυξη φυτού

Το ύψος των φυτών ήταν αυξημένο στις ποικιλίες Bouquet και Tetra στις μεταχειρίσεις αλατότητας, ενώ στο μάρτυρα η διαφορά ήταν σημαντική μόνο στην Tetra. Η επίδραση της αλατότητας δεν ήταν σημαντική σε καμία ποικιλία.

Το βάρος των φυτών ήταν μεγαλύτερο στις ποικιλίες Tetra και Dill στο μάρτυρα και στις Tetra και Bouquet στο S4 και S8 χωρίς να διαφέρει σημαντικά από τις άλλες ποικιλίες στις περισσότερες περιπτώσεις. Η αύξηση της αλατότητας δεν επηρέασε το βάρος των φυτών σε καμία ποικιλία.

Ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό δεν διέφερε μεταξύ ποικιλιών (με εξαίρεση τη Diana και Tetra στο μάρτυρα) και δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας σε καμία ποικιλία (πίνακας 3.6.5).

Το βάρος των στελεχών ήταν μειωμένο στη Diana τόσο στο μάρτυρα (3,37g) όσο και στα S4 (2,12g), ενώ στα S8 η μείωση ήταν σημαντική στις Diana, Dill και Dukat (3,22-5,19g) σε σχέση με τη Bouquet (12,39g) και την Tetra (16,8g). Η αύξηση της αλατότητας δε προκάλεσε μεταβολή στο βάρος των στελεχών. Η σχέση φύλλων / στελεχών στο μάρτυρα ήταν αυξημένη στη Bouquet, τη Diana και τη Dukat (8,2-9,39), ενώ στο S4 δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών. Στο S8 παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στη Diana (13,49) σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες (5,01-10,12).

Πίνακας 3.6.5: Επίδραση της αλατότητας στο ύψος του φυτού, το νωπό βάρος του φυτού και τον αριθμό των φύλλων ανά φυτό το φθινόπωρο.

	Ποικιλία	Μάρτυρας (S 2)	S 4	S 8
Ύψος φυτού (cm)	BOUQUET	41,11 b (a)	45,62 a (a)	43,58 a (a)
	DIANA	27,67 c (a)	26,79 b (a)	28,65 b (a)
	DILL	36,72 bc (a)	31,63 b (a)	29,85 b (a)
	DUKAT	39,99 b (a)	35,17 b (a)	33,76 b (a)
	TETRA	50,74 a (a)	47,14 a (a)	47,43 a (a)
Βάρος φυτού (g)	BOUQUET	77,96 ab (a)	82,76 a (a)	75,96 ab (a)
	DIANA	33,12 b (a)	28,95 b (a)	40,12 ab (a)
	DILL	91,26 a (a)	48,96 ab (a)	33,94 b (a)
	DUKAT	72,27 ab (a)	49,83 ab (a)	58,92 ab (a)
	TETRA	101,81 a (a)	78,97 a (a)	84,73 a (a)
Αριθμός φύλλων	BOUQUET	10,89 ab (a)	10,92 a (a)	12,92 a (a)
	DIANA	8,67 b (a)	10,00 a (a)	10,00 a (a)
	DILL	12,57 ab (a)	9,00 a (a)	8,00 a (a)
	DUKAT	11,79 ab (ab)	8,93 a (b)	13,20 a (a)
	TETRA	17,00 a (a)	11,08 a (b)	14,13 a (ab)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε χαρακτηριστικό χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης στο μάρτυρα ήταν μικρότερη στην ποικιλία Tetra σε σχέση με τη Bouquet και τη Dill, ενώ στο S4 δεν φάνηκε καμία αξιόλογη διαφορά. Στο S8 η Bouquet είχε υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες πλην της Diana. Η αύξηση της αλατότητας δεν επηρέασε τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης σε καμία ποικιλία.

Η συγκέντρωση των καροτενοειδών ήταν μεγαλύτερη στα φυτά της ποικιλίας Tetra στο μάρτυρα και το S8, ενώ στο S4 δεν φάνηκε καμία επίδραση. Η αύξηση της αλατότητας στο S8 προκάλεσε αύξηση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών στη Bouquet και μείωση στη Dukat (πίνακας 3.6.6).

Πίνακας 3.6.6: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης και των καροτενοειδών ($\text{mg } 100\text{g v. } \beta^{-1}$) στα φύλλα του άνηθου το φθινόπωρο.

	Ποικιλία	Μάρτυρας (S 2)	S 4	S 8
Ολική χλωροφύλλη	BOUQUET	191,56 a (a)	159,04 a (a)	191,97 a (a)
	DIANA	158,40 ab (a)	147,83 a (a)	167,88 ab (a)
	DILL	189,95 a (a)	165,27 a (a)	150,27 bc (a)
	DUKAT	153,39 ab (a)	163,09 a (a)	125,81 c (a)
	TETRA	129,55 b (a)	161,21 a (a)	148,44 bc (a)
Καροτενοειδή	BOUQUET	14,65 c (b)	17,23 a (b)	22,59 b (a)
	DIANA	18,86 b (a)	19,05 a (a)	18,99 b (a)
	DILL	18,92 b (a)	17,92 a (a)	20,50 b (a)
	DUKAT	15,71 bc (a)	15,85 a (a)	11,48 c (b)
	TETRA	28,29 a (a)	27,28 a (a)	28,55 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε χαρακτηριστικό χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Ανόργανα στοιχεία

Η συγκέντρωση του χλωρίου στο μάρτυρα ήταν αυξημένη στη Tetra σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες, ενώ στο S4 και το S8 παρατηρήθηκαν χαμηλές τιμές στη Bouquet και τη Diana αντίστοιχα. Στη Bouquet και τη Dukat η συγκέντρωση του χλωρίου αυξήθηκε με την αύξηση της αλατότητας στο S8.

Η συγκέντρωση του καλίου στο μάρτυρα δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών (με εξαίρεση τη Bouquet και τη Dill), αλλά με την εφαρμογή της αλατότητας παρατηρήθηκε μικρότερη συγκέντρωση Na στα φύλλα της Tetra σε σχέση με τις άλλες ποικιλίες. Η αύξηση της αλατότητας προκάλεσε ανάλογη αύξηση της συγκέντρωσης του νατρίου σε όλες τις ποικιλίες.

Η συγκέντρωση του καλίου στο μάρτυρα και το S4 ήταν μειωμένη στα φυτά της Dukat. Στο S8 η συγκέντρωση του καλίου ήταν υψηλότερη στη Diana και την Tetra. Η συγκέντρωση του καλίου μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας σε όλες τις ποικιλίες εκτός από τη Dukat και την Tetra (πίνακας 3.6.7).

Πίνακας 3.6.7: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση του χλωρίου, νατρίου και του καλίου (mg 100g νωπού βάρους⁻¹) στα φύλλα του άνηθου το φθινόπωρο.

	Ποικιλία	Μάρτυρας (S 2)	S 4	S 8
Χλώριο	BOUQUET	14,17 b (b)	12,99 b (b)	42,44 ab (a)
	DIANA	11,82 b (b)	30,09 a (a)	22,18 b (ab)
	DILL	19,19 ab (b)	27,78 ab (ab)	38,83 ab (a)
	DUKAT	15,28 b (b)	30,90 a (b)	61,39 a (a)
	TETRA	53,85 a (a)	26,19 ab (a)	48,02 ab (a)
Νάτριο	BOUQUET	15,37 a (c)	83,79 ab (b)	176,17 a (a)
	DIANA	12,89 ab (c)	98,60 a (b)	157,44 a (a)
	DILL	9,79 b (c)	103,11 a (b)	140,64 a (a)
	DUKAT	10,67 ab (c)	104,70 a (b)	177,55 a (a)
	TETRA	14,82 ab (c)	49,08 b (b)	86,83 b (a)
Κάλιο	BOUQUET	746,30 a (a)	495,35 a (b)	417,46 b (b)
	DIANA	631,47 ab (a)	451,48 ab (b)	516,75 a (b)
	DILL	618,90 ab (a)	470,79 ab (b)	279,01 c (c)
	DUKAT	408,51 c (a)	417,53 b (a)	390,50 b (a)
	TETRA	460,59 bc (a)	499,25 a (a)	513,26 a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε χαρακτηριστικό χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ (p=0.05).

Η ξηρά ουσία στο μάρτυρα και το S4 ήταν μεγαλύτερη στις ποικιλίες Bouquet, Diana, Dill (16,9-17,19% και 16,76-17,71%), σε σχέση με τις υπόλοιπες (14,39-14,88% και 14,1-15,24%). Στο S8 η ξηρά ουσία ήταν μεγαλύτερη στη Diana (17,47%), ενώ η χαμηλότερη τιμή ήταν στη Dill (14,43%). Η αύξηση της αλατότητας προκάλεσε μείωση στη ξηρά ουσία στη Bouquet και τη Dill, ενώ στην Tetra αύξηση.

3.6.Δ Επίδραση της αλατότητας κατά την ανοιξιάτικη σπορά

Ανάπτυξη φυτού

Το μεγαλύτερο ύψος παρατηρήθηκε στα φυτά της Dill στο μάρτυρα, ενώ στο S4 δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των ποικιλιών. Στο S8 το ύψος των φυτών στις ποικιλίες Bouquet και Diana ήταν μικρότερο σε σχέση με τις Dill και Dukat. Στις ποικιλίες Bouquet, Diana και Tetra το ύψος των φυτών ήταν αυξημένο στη μεταχείριση S4, ενώ στις υπόλοιπες ποικιλίες δεν φάνηκε καμία επίδραση της αλατότητας στο ύψος των φυτών.

Το βάρος των φυτών στο μάρτυρα παρατηρήθηκε μειωμένο στη Tetra σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες πλην της Bouquet, ενώ στις μεταχειρίσεις αλατότητας δεν φάνηκε καμία διαφορά. Η αύξηση της αλατότητας δεν επηρέασε το βάρος των φυτών με μοναδική εξαίρεση την αύξηση που παρατηρήθηκε στην Tetra με την εφαρμογή της αλατότητας.

Ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό στο μάρτυρα ήταν μειωμένος στην ποικιλία Tetra, ενώ στις επεμβάσεις αλατότητας δεν υπήρξε καμία διαφορά μεταξύ των ποικιλιών. Η αύξηση της αλατότητας στο επίπεδο S8 προκάλεσε μείωση στην ποικιλία Diana και αύξηση στη Dukat (πίνακας 3.6.8).

Πίνακας 3.6.8: Επίδραση της αλατότητας στο ύψος του φυτού, το νωπό βάρος του φυτού και τον αριθμό των φύλλων ανά φυτό την άνοιξη.

	Ποικιλία	Μάρτυρας (S 2)		S 4		S 8	
Ύψος φυτού (cm)	BOUQUET	42,67	b (b)	47,74	a (a)	40,37	b (b)
	DIANA	44,00	b (ab)	46,16	a (a)	41,05	b (b)
	DILL	51,39	a (a)	46,25	a (a)	45,98	a (a)
	DUKAT	46,72	ab (a)	47,67	a (a)	45,18	a (a)
	TETRA	43,47	b (b)	47,39	a (a)	46,79	a (ab)
Βάρος φυτού (g)	BOUQUET	38,85	ab (a)	47,89	a (a)	40,05	a (a)
	DIANA	45,20	a (a)	44,65	a (a)	40,12	a (a)
	DILL	51,90	a (a)	50,30	a (a)	45,97	a (a)
	DUKAT	48,95	a (a)	40,84	a (a)	46,60	a (a)
	TETRA	30,21	b (b)	47,54	a (a)	47,81	a (a)
Αριθμός φύλλων	BOUQUET	11,27	a (a)	9,19	a (a)	9,27	a (a)
	DIANA	10,00	a (a)	9,19	a (ab)	7,93	a (b)
	DILL	9,53	ab (a)	9,00	a (a)	8,50	a (a)
	DUKAT	7,50	bc (b)	7,87	a (ab)	9,21	a (a)
	TETRA	6,63	c (a)	8,36	a (a)	8,92	a (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε χαρακτηριστικό χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Το βάρος των στελεχών στο μάρτυρα ήταν μειωμένο στην Tetra (5,87g) σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες (9,54-11,56g), ενώ στις επεμβάσεις αλατότητας δεν παρατηρήθηκε καμία διαφορά μεταξύ των ποικιλιών με τις τιμές να κυμαίνονται μεταξύ 9,1 και 15,59g. Η επίδραση της αλατότητας στο βάρος των στελεχών δεν ήταν σημαντική.

Η σχέση φύλλων / στελεχών δεν επηρεάστηκε από την εφαρμογή της αλατότητας, ενώ δεν παρατηρήθηκαν και διαφορές μεταξύ των ποικιλιών. Οι τιμές κυμάνθηκαν μεταξύ 3,11 και 11,27.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης ήταν αυξημένη στα φυτά της ποικιλίας Diana, τόσο στο μάρτυρα όσο και στη μεταχείριση S4, ενώ στο S8 δεν παρατηρήθηκε καμία διαφορά μεταξύ των ποικιλιών. Η εφαρμογής αλατότητας δεν επηρέασε τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης, με εξαίρεση τη Dill, όπου σημειώθηκε αύξηση στο S4.

Η συγκέντρωση των καροτενοειδών δεν διέφερε μεταξύ των ποικιλιών στο μάρτυρα και την S4, αλλά στην S8 παρατηρήθηκε αύξηση στη Diana. Η αύξηση της αλατότητας δεν επηρέασε τη συγκέντρωση των καροτενοειδών σε καμία ποικιλία (πίνακας 3.6.9).

Πίνακας 3.6.9: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης και των καροτενοειδών (mg 100g v. β.⁻¹) στα φύλλα του άνηθου την άνοιξη.

	Ποικιλία	Μάρτυρας (S 2)	S 4	S 8
Ολική χλωροφύλλη	BOUQUET	154,23 b (a)	169,45 b (a)	219,22 a (a)
	DIANA	284,93 a (a)	309,36 a (a)	260,87 a (a)
	DILL	144,77 b (b)	251,46 ab (a)	187,15 a (ab)
	DUKAT	214,17 b (a)	231,49 ab (a)	214,64 a (a)
	TETRA	203,38 b (a)	230,16 ab (a)	236,45 a (a)
Καροτενοειδή	BOUQUET	16,33 a (a)	16,52 a (a)	19,57 b (a)
	DIANA	16,95 a (a)	17,03 a (a)	27,44 a (a)
	DILL	11,06 a (a)	15,95 a (a)	13,11 c (a)
	DUKAT	15,81 a (a)	18,12 a (a)	15,31 bc (a)
	TETRA	15,70 a (a)	16,35 a (a)	18,40 bc (a)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε χαρακτηριστικό χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Ανόργανα στοιχεία

Η συγκέντρωση του χλωρίου δεν είχε σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών ανεξάρτητα από την επέμβαση της αλατότητας (με εξαίρεση τη Bouquet και την Tetra στο μάρτυρα). Με την αύξηση της αλατότητας σημειώθηκε αύξηση της συγκέντρωσης του χλωρίου σε όλες τις ποικιλίες.

Η συγκέντρωση του νατρίου τόσο στο μάρτυρα όσο και στη μεταχείριση S8 δεν είχε διαφορές ανάλογα με την ποικιλία αλλά στο S4 η Tetra είχε αυξημένες τιμές σε σχέση με τη Bouquet και τη Dill. Με την αύξηση της αλατότητας σημειώθηκε αύξηση της συγκέντρωσης του νατρίου σε όλες τις ποικιλίες.

Η συγκέντρωση του καλίου δεν παρουσίασε διαφορές ανάλογα με την ποικιλία. Η εφαρμογή της αλατότητας δεν επηρέασε τη συγκέντρωση του καλίου, με εξαίρεση τη μείωση που παρατηρήθηκε στην ποικιλία Tetra στο S4 (πίνακας 3.6.10).

Πίνακας 3.6.10: Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση του χλωρίου, νατρίου και καλίου (mg 100g νωπού βάρους⁻¹) στα φύλλα του άνθη του την άνοιξη.

	Ποικιλία	Μάρτυρας (S 2)		S 4		S 8	
Χλώριο	BOUQUET	45,07	a (b)	77,05	a (a)	82,42	a (a)
	DIANA	32,11	ab (b)	84,64	a (a)	102,73	a (a)
	DILL	44,10	ab (c)	69,45	a (b)	108,23	a (a)
	DUKAT	40,54	ab (b)	73,80	a (a)	82,67	a (a)
	TETRA	31,82	b (b)	74,16	a (a)	131,01	a (a)
Νάτριο	BOUQUET	77,83	a (c)	221,19	b (b)	372,13	a (a)
	DIANA	54,82	a (b)	278,65	ab (a)	349,93	a (a)
	DILL	52,85	a (c)	206,28	b (b)	377,21	a (a)
	DUKAT	63,64	a (b)	267,13	ab (a)	283,34	a (a)
	TETRA	73,21	a (b)	325,93	a (a)	351,82	a (a)
Κάλιο	BOUQUET	397,63	b (a)	398,35	a (a)	370,24	a (a)
	DIANA	449,07	ab (a)	429,76	a (a)	411,04	a (a)
	DILL	531,52	ab (a)	463,40	a (a)	459,30	a (a)
	DUKAT	680,10	a (a)	474,95	a (a)	535,65	a (a)
	TETRA	585,93	ab (a)	379,77	a (b)	509,27	a (ab)

Τα διαφορετικά γράμματα εκτός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε στήλης και για κάθε χαρακτηριστικό χωριστά με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Τα διαφορετικά γράμματα εντός παρένθεσης υποδηλώνουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων της κάθε γραμμής με βάση το κριτήριο της ΕΣΔ ($p=0.05$).

Η ξηρά ουσία στον μάρτυρα ήταν μειωμένη στις ποικιλίες Dill και Dukat (13,17-14,7%) σε σχέση με τις υπόλοιπες (17,65-20,39%). Στο S4 οι Bouquet και Diana είχαν υψηλή ξηρά ουσία (18,22-18,77%), σε σχέση με τις άλλες ποικιλίες (15,01-15,81%). Στο S8 οι διαφορές δεν ήταν σημαντικές και οι τιμές κυμάνθηκαν μεταξύ 15,34 και 17,35%. Η αύξηση της αλατότητας προκάλεσε μείωση της ξηράς ουσίας στις Diana και Tetra.

Συμπεράσματα

Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη του άνθη

Ενώ μεταξύ ποικιλιών παρατηρήθηκε κάποια διαφοροποίηση σχετικά με την ανάπτυξη των φυτών τόσο το φθινόπωρο όσο και την άνοιξη, συμπεραίνουμε ότι μεγαλύτερη επίδραση έχει η εποχή καλλιέργειας παρά το γονότυπο, ιδιαίτερα όσον αφορά στο βάρος των φυτών και τον αριθμό των φύλλων. Δηλαδή, σε όλες τις ποικιλίες το μέσο βάρος φυτού και ο μέσος αριθμός φύλλων ανά φυτό ήταν μεγαλύτερα το φθινόπωρο. Και στις δυο εποχές η ποικιλία Dill είχε το μεγαλύτερο βάρος φυτού στο μάρτυρα, ενώ το μεγαλύτερο αριθμό

φύλλων είχε η Bouquet το φθινόπωρο, έστω και σε μη σημαντικό επίπεδο. Κατά τη φθινοπωρινή καλλιέργεια δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση της N-λίπανσης στην ανάπτυξη των φυτών σε καμία ποικιλία παρά μόνο αύξηση του βάρους φυτού στην Tetra στο N 300. Σε αντίθεση, την άνοιξη παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στο βάρος των φυτών σε όλες τις ποικιλίες στο N 300 και στον αριθμό των φύλλων ανά φυτό στις ποικιλίες Bouquet, Diana και Dill. Παρόμοια, το βάρος των στελεχών το φθινόπωρο δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης ενώ την άνοιξη η εφαρμογή αζώτου προκάλεσε αύξηση του βάρους των στελεχών στις ποικιλίες Bouquet, Diana και Tetra.

Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης διέφερε ελάχιστα μεταξύ των ποικιλιών τόσο το φθινόπωρο όσο και την άνοιξη και δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση της N-λίπανσης στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης, με εξαίρεση τη Diana στα N300 την άνοιξη και τη Dukat το φθινόπωρο όπου υπήρξε σχετική αύξηση. Σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών όσον αφορά στη συγκέντρωση των καροτενοειδών στο μάρτυρα κυρίως το φθινόπωρο. Δεν προέκυψε σημαντική επίδραση της N-λίπανσης στη συγκέντρωση των καροτενοειδών είτε το φθινόπωρο είτε την άνοιξη.

Η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των ποικιλιών το φθινόπωρο και η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης δεν προκάλεσε αξιόλογες μεταβολές. Την άνοιξη, η συγκέντρωση των νιτρικών στο μάρτυρα ήταν υψηλή στη Dill και χαμηλή στις ποικιλίες Bouquet, Diana και Tetra. Η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης προκάλεσε ανάλογη αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών στις ποικιλίες Bouquet, Diana και Tetra.

Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη του άνηθου

Γενικά το μέσο βάρος φυτού (με εξαίρεση τη Diana) και ο μέσος αριθμός φύλλων (με εξαίρεση τη Bouquet και τη Diana) ανά φυτό ήταν μεγαλύτερα το φθινόπωρο σε σχέση με την άνοιξη. Το φθινόπωρο, δεν παρατηρήθηκε επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών (ύψος, βάρος, αριθμός φύλλων), ενώ την άνοιξη ο αριθμός των φύλλων είτε αυξήθηκε (Dukat και Tetra) είτε μειώθηκε (Diana) είτε δεν επηρεάστηκε (Bouquet και Dill) από την αύξηση της αλατότητας. Δηλαδή η επίδραση της αλατότητας στο μέγεθος (βάρος) των φυτών ήταν όμοια σε όλες τις ποικιλίες και οι ελάχιστες διαφορές που παρατηρήθηκαν αφορούν κυρίως τον αριθμό φύλλων.

Επίδραση της αλατότητας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης διέφερε ελάχιστα μεταξύ των ποικιλιών και δεν επηρεάστηκε από το επίπεδο αλατότητας σε καμία εποχή. Η συγκέντρωση των καροτενοειδών διέφερε μεταξύ των ποικιλιών το φθινόπωρο αλλά όχι την άνοιξη. Το φθινόπωρο παρατηρήθηκε σχετική μείωση στη συγκέντρωση των καροτενοειδών στο S8 (Dukat) και σχετική αύξηση (Bouquet). Την άνοιξη η συγκέντρωση των καροτενοειδών δεν επηρεάστηκε από την αλατότητα ανεξάρτητα από την ποικιλία.

Επίδραση της αλατότητας στα στοιχεία του άνηθου

Με ελάχιστες εξαιρέσεις η συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων (χλώριο, νάτριο και κάλιο) δεν διέφερε μεταξύ των ποικιλιών στο μάρτυρα ανεξάρτητα από την εποχή, ενώ στην πλειοψηφία των περιπτώσεων η συγκέντρωση νατρίου και χλωρίου ήταν υψηλότερη στα φυτά της ανοιξιάτικης καλλιέργειας σε σχέση με τη φθινοπωρινή. Σε όλες τις ποικιλίες η αύξηση της αλατότητας προκάλεσε αύξηση στη συγκέντρωση χλωρίου και νατρίου στα φύλλα τόσο το φθινόπωρο όσο και την άνοιξη. Την άνοιξη δεν παρατηρήθηκε επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση καλίου στα φύλλα, ενώ το φθινόπωρο η συγκέντρωση καλίου μειώθηκε στις ποικιλίες Bouquet, Diana και Dill στο S4 και το S8.

Το φθινόπωρο το ποσοστό ξηράς ουσίας ήταν υψηλό στις ποικιλίες Bouquet, Diana και Dill και η αύξηση της αλατότητας προκάλεσε μείωση στη ξηρά ουσία στη Bouquet και τη Dill, ενώ στη Tetra αύξηση. Η ξηρά ουσία την άνοιξη στον μάρτυρα ήταν χαμηλή στις ποικιλίες Dill και Dukat, ενώ η αύξηση της αλατότητας προκάλεσε μείωση της ξηράς ουσίας στις Diana και Tetra.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο άνηθος χρησιμοποιείται στη διατροφή του ανθρώπου από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα. Χαρακτηρίζεται από την υψηλή περιεκτικότητά του σε πολύτιμα θρεπτικά και αντιοξειδωτικά στοιχεία ενώ παράλληλα χρησιμοποιείται για τις φαρμακευτικές και αρωματικές ιδιότητές του. Η παρούσα διατριβή εστίασε στην μελέτη της επίδρασης που έχει η αζωτούχος λίπανση, η υψηλή συγκέντρωση αλάτων και η έλλειψη νερού στην ανάπτυξη, την παραγωγή και την ποιότητα του φυτού, καθώς και στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά του άνηθου σε δύο εποχές (φθινόπωρο - άνοιξη) στην Ελλάδα.

Αζωτούχος λίπανση

Η σωστή θρέψη των φυτών είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες που σχετίζονται με την ανάπτυξη των φυτών και την παραγωγή. Το άζωτο είναι ένα μακροστοιχείο το οποίο παίζει ενεργό ρόλο στη σύνθεση των πρωτεϊνών καθώς και στη δομή και το μεταβολισμό των κυττάρων (Said-Ah Ahl et al., 2009). Για αυτό, η πρόσληψη του αζώτου από τα φυτά είναι απαραίτητη τόσο για την σωστή ανάπτυξή τους όσο και για την ομαλή φυσιολογική λειτουργία τους. Για όλα τα καλλιεργούμενα φυτά υπάρχουν συνιστώμενες συγκεντρώσεις αζώτου κατά τη λίπανση για μέγιστη παραγωγή, οι οποίες εάν ξεπεραστούν μπορεί να προκαλέσουν τοξικότητα στα φυτά, καθώς επίσης και προβλήματα τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη υγεία (Hochmuth, 2000), ενώ σε έλλειψη προκαλούν μειωμένη ανάπτυξη, παραγωγή και ποιότητα.

Επίδραση N στην ανάπτυξη του άνηθου

Τόσο το φθινόπωρο όσο και την άνοιξη η αύξηση της συγκέντρωσης του αζώτου έως 300 ppm προκάλεσε αύξηση του νωπού βάρους του φυτού ενώ αύξηση του αριθμού των φύλλων ανά φυτό παρατηρήθηκε μόνο το φθινόπωρο. Η αύξηση του βάρους είναι σημαντική διότι σχετίζεται με την παραγωγή. Ωστόσο, επειδή στην Ελλάδα ο άνηθος πωλείται σε 'ματσάκια' η αύξηση του αριθμού φύλλων επίσης έχει εμπορική αξία, όπως σημειώθηκε για το μαϊντανό (Petrooulos et al., 2006). Το ύψος των φυτών είτε μειώθηκε είτε δεν επηρεάστηκε από το N και στις δύο εποχές σποράς.

Στις περισσότερες μελέτες της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης στην παραγωγή άνηθου στον αγρό το N εφαρμόζεται κυρίως με τη βασική λίπανση με συνιστώμενες συγκεντρώσεις από 80 έως 120 kg ha⁻¹ (Hornok, 1980; Garrabrants and Craker, 1987; Udagawa, 1995), ενώ οι Mehta et al. (2012) αναφέρουν ότι η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης στον *A. sowa* στα 90 kg ha⁻¹ (με 40 kg ha⁻¹ P₂O₅) αύξησε σημαντικά το ύψος των φυτών. Οι Bhist et al. (2000), Rassam et al. (2006) και οι Tripathi et al. (2009) συμπέραναν

ότι η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης μέχρι τα 80-120 kg ha⁻¹ επίσης αυξάνει τον αριθμό των φύλλων ανά φυτό.

Οι Hornok (1980), Garrabrants and Craker(1987) και Udagawa (1995) αναφέρουν ότι η παραγωγή διπλασιάστηκε με την εφαρμογή 120 kg ha⁻¹ αζώτου σε σχέση με το μάρτυρα (0 kg ha⁻¹). Στην παρούσα μελέτη η εφαρμογή της λίπανσης γινόταν σε κάθε πότισμα (δηλ. υδρολίπανση), και όχι σαν βασική λίπανση και η αύξηση του μέσου βάρους των φυτών διέφερε ανάλογα με την εποχή, τη χρονιά και τη διάρκεια της καλλιέργειας. Για παράδειγμα το βάρος αυξήθηκε από 1,5 έως 3 φορές κατά τη φθινοπωρινή περίοδο (ακόμη περισσότερα το 2^ο έτος λόγω μικρής ανάπτυξης του μάρτυρα) και την άνοιξη 1,5 φορές όταν το N αυξήθηκε από 50 (μάρτυρα) έως 300 ppm. Επιπλέον, με την εφαρμογή της υδρολίπανσης περιορίζεται η απώλεια λιπασμάτων που μπορεί να συμβεί σε περίπτωση που προκύπτουν βροχές μετά τη βασική λίπανση, οπότε είναι πιο φιλικό στο περιβάλλον.

Καθοριστικό ρόλο για την παραγωγή παίζει η διάρκεια της καλλιέργειας και η έναρξη ή όχι της άνθησης. Για παράδειγμα, στο 1^ο έτος το μεγαλύτερο μέγεθος (ύψος, βάρος και αριθμός φύλλων) οφείλεται στο μεγαλύτερο στάδιο ανάπτυξης και το σχηματισμό ανθικών στελεχών μέχρι τη συγκομιδή και στις δύο εποχές. Ωστόσο, όπως στο μαιντανό (Πετρόπουλος, 2006), η παρουσία των ανθικών στελεχών μειώνει την ποιότητα του νωπού προϊόντος.

Επίδραση N στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου

Επίδραση N στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης

Η διαθεσιμότητα του αζώτου επηρεάζει σημαντικά τα επίπεδα των χλωροφυλλών στα εναέρια μέρη των ανωτέρων φυτών. Φυτά που αναπτύσσονται σε συνθήκες έλλειψης αζώτου εμφανίζουν χαμηλότερη συγκέντρωση των χλωροφυλλών α και β, μειωμένη-ανάπτυξη και χαρακτηριστική χλώρωση στα φύλλα (Broadley et al., 2001), ενώ η θετική επίδραση του αυξημένου αζώτου στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης έχει αναφερθεί για ένα μεγάλο αριθμό φυτικών ειδών (Fritsch and Ray, 2007; Horst et al., 2001; Mask et al., 1993) και έχει ιδιαίτερη σημασία για τον άνηθο οπου το σκούρο πράσινο χρώμα των φύλλων είναι σημαντικό χαρακτηριστικό ποιότητας του νωπού προϊόντος.

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης αυξήθηκε σημαντικά με την αύξηση του N από 50 (μάρτυρα) έως 150 ppm σε όλα τα έτη και στις δυο εποχές. Στα υψηλότερα επίπεδα N η συγκέντρωση της χλωροφύλλης είτε αυξανόταν ακόμη έως τα 300 ή 450 ppm N (π.χ. στη φθινοπωρινή και ανοιξιάτικη καλλιέργεια του 2^{ου} έτους) ή δεν άλλαξε σημαντικά (στις δυο

καλλιέργειες του 1^{ου} έτους). Συμπερασματικά δηλαδή η μέγιστη επίδραση του N στη συγκέντρωση χλωροφύλλης παρουσιάστηκε συχνά σε μικρότερη συγκέντρωση N σε σχέση με αυτή που χρειαζόταν για το μέγιστο βάρος του φυτού.

Οι Hellal et al. (2011) αναφέρουν ότι η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης του άνηθου αυξήθηκε με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης, με μέγιστη τιμή (1,78 και 1,71 mg g f.w.⁻¹ τον πρώτο και δεύτερο χρόνο αντίστοιχα) στα 200 kg N feddan⁻¹ (0,42 ha) σε συνδυασμό με βιολογική λίπανση. Αντίστοιχα συμπεράσματα κατέληξαν και οι Goma and Abou-Aly (2001) στο *Pimpinella anisum* L., ο Hassan (2009) στο *Hibiscus sabdariffa* L., οι Bagari et al. (2010) στο μάραθο και οι Randhawa et al. (1981), οι Khan et al. (1992) και οι Ram Pratap et al. (2004) στο φοινόκιο.

Επίδραση N στη συγκέντρωση των καροτενοειδών

Οι Kurlyanchik et al. (1979) μελέτησαν τη συγκέντρωση των καροτενοειδών σε διάφορες ποικιλίες άνηθου, με τιμές που κυμαινόταν μεταξύ 37,2 και 46 mg 100g d.m.⁻¹ ενώ στους μίσχους και τους καρπούς ήταν μόλις 2-4 mg 100g d.m.⁻¹. Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας δεν προέκυψε καμία προηγούμενη μελέτη της συγκέντρωσης των καροτενοειδών στον άνηθο σε σχέση με την αζωτούχου λίπανση, ενώ από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας στο 3^ο έτος συμπεραίνουμε ότι η συγκέντρωση των καροτενοειδών στο έλασμα του άνηθου ήταν μέγιστη στα 300 ppm N. Ανάλογα αποτελέσματα αναφέρουν οι Bagari et al. (2010) στο φοινόκιο με αύξηση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών στα 100 kg N ha⁻¹ σε σχέση με τον μάρτυρα (0 kg N ha⁻¹).

Επίδραση N στη συγκέντρωση της βιταμίνης C

Το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C) είναι ένα από τα πιο άφθονα υδατοδιαλυτά αντιοξειδωτικά στα φυτά, με βασικό ρόλο τη προστασία των φυτών ενάντια στο οξειδωτικό στρες (Smirnoff, 2000; Wong et al., 2006). Η συγκέντρωση της βιταμίνης C αυξήθηκε τόσο το φθινόπωρο όσο και την άνοιξη μέχρι τα 450 ppm N με εξαίρεση τη φθινοπωρινή καλλιέργεια του 3^{ου} έτους όπου η μέγιστη συγκέντρωση της βιταμίνης C παρατηρήθηκε στο επίπεδο των 150 ppm N.

Τα αποτελέσματα του πειράματος συμφωνούν με αυτά των Muller and Hippe (1987) και των Mun and Lee (2002), οι οποίοι διαπίστωσαν αύξηση της βιταμίνης C στο κατσαρό κεφαλωτό μαρούλι, με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης. Οι Kurlyanchik et al. (1979) μελέτησαν τη συγκέντρωση της βιταμίνης C σε διάφορες ποικιλίες άνηθου, η οποία είχε τιμές μεταξύ 120 και 144 mg 100g f.w.⁻¹ στο έλασμα και μόλις 14-97 mg 100g f.w.⁻¹ στους μίσχους. Από ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας δεν προέκυψαν άλλες μελέτες της επίδρασης της αζωτούχου

λίπανσης στον άνηθο αλλά σύμφωνα με τους Lee and Kader (2000) η βιταμίνη C συσσωρεύεται περισσότερο στα μέρη του φυτού με πλήρη έκθεση στον ήλιο.

Επίδραση N στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών

Κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου του 3^{ου} έτους προσδιορίστηκε η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ουσιών. Από τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι η συγκέντρωση των φαινολικών δεν επηρεάστηκε από την αύξηση του N από 50 έως 150 ppm αλλά σε μεγαλύτερα επίπεδα N (300-450 ppm) μειώθηκε.

Μείωση της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών ανέφεραν και οι Nguyen and Niemeyer (2008) σε τρεις ποικιλίες βασιλικού (Dark Opal, Genovese, and Sweet Thai) όταν η εφαρμογή αζώτου αυξήθηκε από 0,1 mM στα 5 mM. Αντίθετα, ο Sharafzadeh (2011) αναφέρει ότι η αύξηση του αζώτου από 0 (μάρτυρα) στα 50 mg kg εδαφικού μείγματος⁻¹ στο θυμάρι αύξησε τη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ενώ στα 125 mg kg⁻¹ μειώθηκε. Η μείωση της συγκέντρωσης των φαινολικών στα φύλλα έχει πρακτική σημασία για την καλλιέργεια διότι υπάρχουν ενδείξεις ότι προκαλεί αυξημένη ευαισθησία σε έντομα και παθογόνα (Fhickiger et al., 1989; Roelofs et al., 1985). Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας δεν προέκυψε καμία προηγούμενη μελέτη της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών στον άνηθο σε σχέση με την αζωτούχου λίπανση.

Επίδραση N στη συγκέντρωση των φλαβονοειδών ουσιών

Πολλές μελέτες έχουν επικεντρωθεί στη μελέτη των φλαβονοειδών ουσιών στην προστασία του ανθρώπου από ασθένειες. Οι φλαβονοειδείς ενώσεις είναι φυσικά αντιοξειδωτικά με ευρέως φάσματος δυνατότητες οι οποίες πιστεύεται ότι παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη πρόληψη πολλών χρόνιων ασθενειών ενώ έχουν αναφερθεί αντικαρκινικές, αντιβακτηριακές και αντιμυκητολογικές ιδιότητες. Ωστόσο, παρόλο που το άζωτο είναι βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη και την ποιότητα των φυτών, δεν είναι γνωστή η επίδραση του στις αντιοξειδωτικές ιδιότητες των φαρμακευτικών φυτών (Ibrahim et al., 2012).

Η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης έχει αναφερθεί ότι μειώνει τη δράση των δευτερογενών μεταβολιτών όπως τα φλαβονοειδή, τα καροτενοειδή, και τη γλυκοζινόλη (Aires et al., 2006). Επίσης, η εφαρμογή αζώτου έχει αρνητική επίδραση στη βιοσύνθεση των φλαβονοειδών ενώσεων στα φυτά. Μελετώντας την περιεκτικότητα των φύλλων του άνηθου σε φλαβονοειδή καταλήγουμε ότι η ισοραμεντίνη αποτελεί την κύρια μορφή το φθινόπωρο και η κουαρσετίνη την άνοιξη. Κατά το φθινόπωρο οι συγκεντρώσεις των κουαρσετίνη και ισοραμεντίνη μειώθηκαν σταδιακά με την αύξηση της N-λίπανσης, ενώ την άνοιξη σημαντική μείωση αυτών των δυο ουσιών σημειώθηκε μόνο στα 450 ppm N. Γενικά η συγκέντρωση της καμφερόλης δεν επηρεάστηκε από το επίπεδο N στις δυο εποχές.

Φαίνεται ότι αυτή είναι η πρώτη μελέτη της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης στα φλαβονοειδή του άνηθου. Στην τομάτα όμως διαπιστώθηκε μείωση της συγκέντρωσης των φλαβονοειδών ουσιών κατά 14% με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης (Bongue and Phillips,

1995), όπως και στον καρπό του γκρέιπφρουτ (Patil and Alva, 1999) και στα φύλλα του *Labisia pumila* (Ibrahim et al., 2012).

Επίδραση N στα αιθέρια έλαια

Η συγκέντρωση των αιθέριων ελαίων στα φύλλα ήταν πολύ μικρή στις φθινοπωρινές καλλιέργειες και στο 2^ο και 3^ο έτος δεν ήταν εφικτός ο ποσοτικός προσδιορισμός της. Συγκρίνοντας την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ποσοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων διαπιστώνεται θετική επίδραση του N (150-450 ppm N) σε σχέση με το μάρτυρα. Την άνοιξη η ποσότητα των αιθέριων ελαίων που απομονώθηκε με απόσταξη από τα φύλλα εμφάνισε σημαντική αύξηση στη λίπανση με 150-300 ppm N (2^ο και 1^ο έτος αντίστοιχα) και κυμάνθηκε στα 0,18%, ενώ το φθινόπωρο του 1^{ου} έτους η ποσότητα των αιθέριων ελαίων αυξήθηκε από 0,20 έως 0,26 ml 100g f.w⁻¹ με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης από 300 σε 450 ppm.

Σε άλλες μελέτες η απόδοση των αιθέριων ελαίων από τα φύλλα στο στάδιο ανάπτυξης είναι 0,05-0,6%, ενώ στο στάδιο της άνθησης φτάνουν τα 0,78-0,99%. Όταν σχηματίζονται οι καρποί η απόδοση είναι 1,28-1,91%, ενώ όταν ωριμάσουν οι καρποί 1,9-4,0% (Arora and Srinivas, 2002; Bailer et al., 2001; Charles et al., 1995; Embong et al., 1977; Gupta, 2001; Olle and Bender, 2010; Strunz et al., 1992). Ο Hornok (1983) και οι Singh et al. (1987) παρατήρησαν σημαντική αύξηση της απόδοσης των αιθέριων ελαίων στα φύλλα με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης μέχρι το επίπεδο των 240 και 90 kg ha⁻¹ N αντίστοιχα, αλλά όχι στους σπόρους. Σε παρόμοιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Khalid (2013) σε άλλα είδη της οικογένειας Apiaceae (γλυκάνισο, κόλιανδρο, μάραθο), οι Ashraf et al. (2006) στο κύμινο και οι Akbarinia et al. (2007) στον κόλιανδρο. Σε αντίθεση ο Udagawa (1995) ανέφερε μείωση της απόδοσης των αιθέριων ελαίων με την αύξηση της λίπανσης. Ωστόσο, η απόδοση των αιθέριων ελαίων επηρεάζεται από το στάδιο ανάπτυξης του φυτού. Για παράδειγμα, οι Randhawa et al. (1987) αναφέρουν την υψηλότερη απόδοση των αιθέριων ελαίων στο στάδιο των ανώριμων σπόρων (milk stage) και οι Hellal et al. (2011) ανέφεραν ότι η απόδοση σε αιθέρια έλαια από τους σπόρους του άνηθου αυξήθηκε ανάλογα με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης.

Στην ποιοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων στα φύλλα το φθινόπωρο, φαίνεται μια αύξηση της συγκέντρωσης του α-φελλανδρένιο και π-κυμένιο στα 300 και 450 ppm N αντίστοιχα. Την άνοιξη, σε όλες τις ουσίες εκτός από το α-θουγένιο, το β-πινένιο, το β-φελλανδρένιο οι οποίες παρουσίασαν μέγιστη σχετική συγκέντρωση στα 300 ppm N, και το

π-κυμένιο στα 450ppm, δεν παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση του αζώτου στις αναλογίες των συστατικών του αιθέριου ελαίου.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι βασικές ενώσεις των αιθέριων ελαίων από τα φύλλα του άνηθου είναι το α-φελλανδρένιο (51,1–64,7%), το λιμονένιο ή/ και β-φελλανδρένιο (21%), το ανηθοφουράνιο (24%) οι οποίες αποτελούν το 90-97% της σύστασης των ελαίων. Σε μικρότερο ποσοστό βρίσκονται επίσης το τερπινένιο, και η καρβόνη, η οποία από 12% στο στάδιο ανάπτυξης φτάνει το 22% στο στάδιο της πλήρους άνθησης και το 35% στο στάδιο πριν την ωρίμανση των σπόρων (Agora and Srinivas, 2002; Bailer et al., 2001; Charles et al., 1995; Embong et al., 1977; Gupta, 2001; Olle and Bender, 2010; Strunz et al., 1992). Σύμφωνα με τους Hellal et al. (2011) η μέγιστη απόδοση σε λιμονένιο (50,87%) ήταν στα 100 kg N feddan⁻¹ (0,42 ha), ενώ η καρβόνη και η απιόλη στα 200 kg N feddan⁻¹ (0,42 ha) (48% και 31% αντίστοιχα). Σύμφωνα με τους Wander and Bouwmeester (1998) η καρβόνη στα αιθέρια έλαια των σπόρων του άνηθου μειώθηκε με την αύξηση του αζώτου πάνω από 60 kg ha⁻¹, ενώ στο μάραθο η απόδοση των αιθέριων ελαίων κυμάνθηκε από 2,35 μέχρι 9,6% και δεν επηρεάστηκε από την αζωτούχο λίπανση (Chatzopoulou et al., 2008).

Στην παρούσα μελέτη η δειγματοληψία των φύλλων για απόσταξη πραγματοποιήθηκε πριν την άνθηση και οι ουσίες που αναφέρονται προκύπτουν μόνο από τα ελάσματα και τους μίσχους των φύλλων όπου η παρουσία του λιμονενίου και της καρβόνης είναι πολύ μικρή ή ακόμη και μηδενική. Οι ουσίες αυτές παρουσιάζονται μετά την έναρξη της άνθησης και ιδιαίτερα στους καρπούς και τους σπόρους, συνεπώς εξαιτίας της οικονομικής τους αξίας οι περισσότερες μελέτες των αιθέριων ελαίων του άνηθου αφορούν τους σπόρους. Σε άλλες μελέτες όπου αναφέρονται λιμονένιο και καρβόνη στα φύλλα του άνηθου είναι σχεδόν βέβαιο ότι έγινε απόσταξη ολόκληρου του φυτού σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης ακόμη και μαζί με τα άνθη.

Επίδραση N στη συγκέντρωση των νιτρικών

Η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα και τα στελέχη και στις δύο εποχές παρουσίασε μέγιστη τιμή στα 300 και 450 ppm N. Η συγκέντρωση νιτρικών ήταν μεγαλύτερη στα στελέχη στα κατώτερα επίπεδα N (50-150 ppm N) και στα φύλλα στα 300-450 ppm N αν και όχι πάντοτε σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο. Στην παρούσα έρευνα το άζωτο εφαρμόστηκε κυρίως με μορφή νιτρικής αμμωνίας (NH₄NO₃) και παρόμοια αύξηση στη συγκέντρωση νιτρικών ανάλογα με το επίπεδο αζωτούχου λίπανσης έχει αναφερθεί πολλές φορές στον άνηθο (Hellal et al., 2011; Kewalanand et al., 2001; Randhawa et al.,

1996; Singh, 1991) καθώς και σε άλλα φυλλώδη είδη όπως ο μαϊντανός (Chenard et al., 2005; Petropoulos et al., 2008).

Η συσσώρευση νιτρικών ιόντων στα φυλλώδη είδη όπως στον άνηθο, το μαϊντανό, το μαρούλι και το σπανάκι σχετίζεται με την εποχή της καλλιέργειας και είναι ιδιαίτερα υψηλή κάτω από συνθήκες χαμηλού φωτισμού τους χειμερινούς μήνες. Επειδή ο άνηθος είναι φυτό της ψυχρής εποχής και καλλιεργείται κυρίως τους χειμερινούς μήνες η συγκέντρωση νιτρικών στα φύλλα μπορεί να είναι υψηλή, όπως διαπιστώθηκε σε σχετικές δειγματοληψίες φυλλωδών ειδών στη Θεσσαλονίκη (Siomos and Dogras, 1999). Στην παρούσα έρευνα είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι το φθινόπωρο η συγκέντρωση νιτρικών στα φύλλα και τα στελέχη από τη μεταχείριση με 300 ppm N ήταν κάτω από το επιτρεπτό όριο της Ε.Ε. για το μαρούλι (3500-4500 mg kg⁻¹ ανάλογα με την εποχή), με μια μόνο εξαίρεση στα στελέχη του 3^{ου} έτους, ενώ την άνοιξη η συγκέντρωση νιτρικών τόσο στα φύλλα όσο και στα στελέχη ήταν άνω του ορίου αυτού ακόμη και στα 150 ppm N στο 1^ο έτος. Η ανοιξιάτικη καλλιέργεια πραγματοποιήθηκε κάτω από έντονο φωτισμό και υψηλές θερμοκρασίες και φαίνεται ότι στον άνηθο σε τέτοιες συνθήκες υπάρχει περιορισμένη ανάπτυξη του φυτού και παράλληλη δυσλειτουργία στο μεταβολισμό των νιτρικών με αποτέλεσμα την υψηλή συσσώρευση των ιόντων αυτών στα εναέρια μέρη και μειωμένη ανάπτυξη των φυτών.

Συμπερασματικά, για τη φθινοπωρινή καλλιέργεια άνηθου μπορούμε να συστήνουμε ανεπιφύλακτα τη χρήση των 300 ppm N στην υδρολίπανση, ενώ την άνοιξη μόνο τα 150 ppm N, όπως συστήνουν οι Petropoulos et al. (2008) για τον μαϊντανό στην Ελλάδα.

Επίδραση N στη ξηρά ουσία

Το % ξηράς ουσίας δεν παρουσίασε συγκεκριμένη σχέση με το επίπεδο του N, είτε το φθινόπωρο είτε την άνοιξη, με εξαίρεση το πρώτο έτος όπου το % ξηράς ουσίας μειώθηκε στα στελέχη στα 300-450 ppm N και στις δυο εποχές. Στις περισσότερες περιπτώσεις το % ξηράς ουσίας ήταν μεγαλύτερο στα φύλλα σε σχέση με τα στελέχη.

Οι Hellal et al. (2011) αναφέρουν αύξηση του ξηρού βάρους στον άνηθο με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης, μέχρι το επίπεδο των 200 kg feddan⁻¹ (0,42 ha), αλλά από τη μελέτη των Wander and Bouwmeester (1998) διαπιστώνεται ότι η επίδραση του N στην ξηρά ουσία επηρεάζεται από την εποχή και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού. Για παράδειγμα, παρατηρήθηκε μείωση της ξηράς ουσίας των φύλλων του άνηθου στο στάδιο της άνθησης με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης μέχρι το επίπεδο των 120 kg ha⁻¹ τον Ιούνιο, ενώ τον Αύγουστο σημειώθηκε αύξηση. Ο Singh (1991) αναφέρει μείωση της ξηράς ουσίας από 31% (30 kg N ha⁻¹) σε 19% (120 kg N ha⁻¹) στον άνηθο, ενώ οι Mahfouz and Sharaf-Eldin (2007)

αναφέρουν αύξηση της ξηράς ουσίας στον μαραθο με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης (συνδυασμός λίπανσης και αζωτοβακτηρίων). Οι Kmiecik et al. (2002) αναφέρουν ότι η ξηρά ουσία του άνθη κυμάνθησαν μεταξύ 11,68 – 17,86 g 100 g⁻¹ στο έλασμα και 8,96 – 16,15 g 100 g⁻¹ στα φύλλα ανάλογα με την ποικιλία και την περίοδο της καλλιέργειας. Σε παρόμοιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Witkowska et al. (1996) (8,07-14,09 g 100 g⁻¹ νωπού βάρους) και οι Hälvä and Puukka (1987) (7,9-10,7 g 100 g⁻¹ στα άνθη).

Καταπόνηση λόγω αλατότητας

Η καταπόνηση λόγω αλατότητας είναι ένας από τους πιο σημαντικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζουν τα καλλιεργούμενα φυτά (Ashraf and Ali, 2008) προκαλώντας δυσκολίες στη λήψη νερού και τη θρέψη των φυτών, ακόμη και τοξικότητα (Munns and Tester, 2008). Η παρουσία αλάτων στο νερό άρδευσης ή/και στο έδαφος μπορεί να επηρεάζει τη μορφολογία και το μεταβολισμό των φυτών (Amirjani, 2010) με αποτέλεσμα τη μικρότερη ανάπτυξή τους και μείωση της παραγωγής.

Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη του άνθη

Η αλατότητα επιδρά αρνητικά στην ανάπτυξη των φυτών, είτε μέσω των ανταγωνιστικών επιδράσεων των ιόντων, που οδηγούν σε μη ισορροπημένη θρέψη των φυτών, είτε μέσω του ωσμωτικού φαινομένου οπότε υπάρχει υδατική καταπόνηση (Abd El-Wahab, 2006). Σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας, παρατηρείται επιπλέον μικροφυλλία και μικρότερος αριθμός φύλλων στο στέλεχος του φυτού, ενώ επηρεάζεται και η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος όπου διαπιστώνεται μείωση του μεγέθους και της διαμέτρου των ριζών (Μισοπολινός, 1991; Shannon and Grieve, 1999). Σημαντικοί περιβαλλοντικοί παράγοντες που αλληλεπιδρούν με την αλατότητα είναι η θερμοκρασία, ο άνεμος, η σχετική υγρασία, το φως (ακτινοβολία) και η ατμοσφαιρική ρύπανση (Bernstein and Hayward, 1958).

Κατά τη φθινοπωρινή καλλιέργεια του άνθη, το ύψος των φυτών είτε δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας (1^ο και 2^ο έτος) είτε αυξήθηκε (3^ο έτος). Ωστόσο την άνοιξη η επίδραση της αλατότητας στο ύψος των φυτών δεν ήταν σαφής: είτε μειώθηκε (1^ο έτος) είτε αυξήθηκε (2^ο έτος) ή δεν επηρεάστηκε (3^ο έτος). Οι διαφορές μεταξύ των ετών προκύπτουν κυρίως από τα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης των φυτών στο στάδιο συγκομιδής, ενώ ιδιαίτερα την άνοιξη σχετίζονται με την έναρξη της άνθησης. Στο σύνολο δηλαδή φαίνεται ότι το ύψος των φυτών ελάχιστα επηρεάστηκε από την παρουσία της αλατότητας ακόμη και στο επίπεδο των 8 dS m⁻¹, αλλά περισσότερο από το βιολογικό κύκλο του φυτού.

Σύμφωνα με τους Mehr et al. (2012) και Mehr (2013) η αύξηση της αλατότητας μέχρι τα 100 mM NaCl προκάλεσε μείωση στο ύψος των φυτών και στο μήκος των ριζών του άνηθου, αλλά τα αποτελέσματα αυτά αφορούσαν μόνο τα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών μέχρι 30 ημέρες μετά τη σπορά. Οι Nourani Azad and Haji Bagheri (2008) παρατήρησαν μείωση του μήκους των φύλλων σε συνθήκες αλατότητας έως τα 100 mM NaCl, ενώ οι Abd El-Wahab et al. (2006) αναφέρουν ότι το ύψος του μάραθου μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας στα 3355 ppm NaCl.

Ο αριθμός των φύλλων είτε μειώθηκε (2^ο έτος) είτε δεν επηρεάστηκε (1^ο και 3^ο έτος) από την αύξηση της αλατότητας το φθινόπωρο, ενώ την άνοιξη δεν επηρεάστηκε από την αλατότητα στα επίπεδα μέχρι 4 dS m⁻¹ αλλά μειώθηκε στα 6-8 dS m⁻¹. Οι Mehr et al. (2012) αναφέρουν μείωση του αριθμού των φύλλων του άνηθου με την αύξηση της αλατότητας στο επίπεδο των 100 mM NaCl σε φυτά που συγκομίστηκαν σε πρόωρο στάδιο ανάπτυξης (30 ημέρες μετά τη σπορά), ενώ οι Abou El-Magd et al. (2008) αναφέρουν μείωση του αριθμού των φύλλων του μάραθου, υπό συνθήκες αλατότητας (1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ppm θαλασσινού νερού), ανάλογη με την αύξηση της αλατότητας. Επειδή ο άνηθος στην Ελλάδα συνήθως συσκευάζεται σε 'ματσάκια' με βάση τον αριθμό των φύλλων, η σχετική ανθεκτικότητα του φυτού στα χαμηλά επίπεδα αλατότητας (δηλαδή μέχρι 4 dS m⁻¹ όπως διαπιστώνεται στην παρούσα μελέτη) έχει πρακτικό ενδιαφέρον για την καλλιέργεια του.

Η αύξηση του νωπού βάρους των φυτών, των φύλλων και των ανθικών στελεχών ανάλογα με την αύξηση της αλατότητας μέχρι τα 6 dS m⁻¹ (αλλά με μείωση στα 8 dS m⁻¹) ανεξάρτητα της εποχής σποράς επίσης έχει πρακτική / εμπορική σημασία γιατί το μέγεθος των φύλλων δεν επηρεάζεται. Ο Udagawa (1995) αναφέρει πως το νωπό βάρος φυτών άνηθου και θυμαριού στο επίπεδο αλατότητας 1,2 dS m⁻¹ ήταν 30% μειωμένο σε σχέση με το επίπεδο 2,4 dS m⁻¹, ενώ στο μάραθο το νωπό βάρος των φυτών μειώθηκε σημαντικά με την αύξηση της αλατότητας (Abd El-Wahab, 2006; Abou El-Magd et al., 2008; Nourimand et al., 2012). Φαίνεται, δηλαδή, ότι ο άνηθος είναι πιο ανθεκτικός στην αλατότητα σε σχέση με το μάραθο. Παράλληλα, η σχέση φύλλων / στελεχών επηρεάστηκε περισσότερο από το στάδιο συγκομιδής παρά τη συγκέντρωση της αλατότητας. Στο πρώτο έτος που τα φυτά άνθισαν πιο νωρίς και ήταν πιο μικρά, τα στελέχη ήταν πιο βαριά από τα φύλλα, ενώ στα δύο επόμενα έτη που τα φυτά ήταν πιο αναπτυγμένα κατά τη συγκομιδή, το βάρος των φύλλων ήταν πάντοτε μεγαλύτερο απ' αυτό των στελεχών ανεξάρτητα εποχής και επιπέδου αλατότητας.

Η επίδραση της εποχής σποράς στο ύψος των φυτών ήταν σημαντική καθώς τα φυτά της ανοιξιάτικης καλλιέργειας ήταν υψηλότερα από του φθινοπώρου (με εξαίρεση το τρίτο έτος), καθώς την άνοιξη τα φυτά άνθιζαν πιο γρήγορα. Στην παρούσα μελέτη, το ποσοστό

(%) άνθησης των φυτών την άνοιξη αυξανόταν με την αύξηση της εφαρμοζόμενης αλατότητας και το πρώτο έτος ήταν >90%, ενώ το δεύτερο έτος 20-52%. Ο Abd El-Wahab, (2006) αναφέρει ότι η αύξηση της αλατότητας στο μάραθο προκάλεσε μείωση στον αριθμό των ταξιανθιών ανά φυτό.

Συνοψίζοντας, από τα πειράματα που αφορούν την επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών για φύλλωμα συμπεραίνουμε ότι ο άνθηθος είναι σχετικά ανεκτικός ή ανθεκτικός μέχρι το επίπεδο των 4-6 dS m⁻¹, ενώ σύμφωνα με τους Ghassemi-Golezani et al. (2011) σε καλλιέργειες για σπόρο ο άνθηθος μπορεί να καλλιεργηθεί ικανοποιητικά σε συνθήκες αλατότητας με NaCl έως το επίπεδο των 12 dS m⁻¹.

Επίδραση της αλατότητας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνθηθος

Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, β και ολικής στο πρώτο έτος του πειράματος δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας ανεξάρτητα της εποχής σποράς. Ωστόσο στο φθινόπωρο του 2^{ου} έτους παρατηρήθηκε αύξηση στα επίπεδα 2-6 dS m⁻¹ κυρίως εξαιτίας της χαμηλής συγκέντρωσης χλωροφύλλης στο μάρτυρα (S0) καθώς και στα 8 dS m⁻¹ στο 3^ο έτος, ενώ την άνοιξη του 2^{ου} έτους παρατηρήθηκε μείωση στα 6,0 dS m⁻¹. Σε άλλες μελέτες οι Nourani Azad and Haji Bagheri (2008), οι Nourani Azad et al. (2006) και ο Mehr (2013) αναφέρουν ότι η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης από τα φύλλα του άνθηθου μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας μέχρι το επίπεδο των 100 mM NaCl. Οι διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων της παρούσας διατριβής και των προαναφερόμενων μελετών πιθανόν οφείλονται στα διάφορα στάδια ανάπτυξης των φυτών στο στάδιο της δειγματοληψίας. Για παράδειγμα ο Mehr (2013) μέτρησε χλωροφύλλη σε σπορόφυτα στο στάδιο της μεταφύτευσης.

Η εποχή της καλλιέργειας επηρέασε σημαντικά τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης στο άνθηθο. Το φθινόπωρο η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, β και ολικής ήταν χαμηλότερη σε σχέση με την άνοιξη και στα τρία έτη ανεξάρτητα από το επίπεδο αλατότητας και το μέρος του φυτού. Η υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης βρέθηκε στο έλασμα των φύλλων, στη συνέχεια στην κορυφή και τέλος στο μίσχο των φύλλων ανεξάρτητα εποχής.

Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των καροτενοειδών

Η συγκέντρωση των καροτενοειδών το φθινόπωρο, δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας με εξαίρεση τις κορυφές στο τρίτο έτος. Την άνοιξη παρατηρήθηκε μείωση στις υψηλότερες συγκεντρώσεις NaCl (4 και 6 dS m⁻¹) στο 2^ο και 3^ο έτος. Ο μίσχος έχει πιο χαμηλές τιμές σε σχέση με το έλασμα και την κορυφή σε όλα τα επίπεδα αλατότητας.

Παρόμοια, ο Abd El-Wahab (2006) αναφέρει μείωση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών στο μάραθο με την αύξηση της αλατότητας στα 3355 ppm σε σχέση με το μάρτυρα. Σε ανάλογο συμπέρασμα κατέληξαν οι Jacobson and Oertli (1956) για το ηλιοτρόπιο και οι Hajar et al (1996) στο μαύρο κύμινο. Σε αντίθεση, οι Kim et al. (2008) παρατήρησαν αύξηση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών στα φύλλα του μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.) μετά από εφαρμογή 5mM NaCl για 15 ημέρες. Διαπιστώνονται έτσι διαφορές μεταξύ των ειδών, των ιστών του φυτού και των εποχών καλλιέργειας.

Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C

Ενώ στη φθινοπωρινή καλλιέργεια η συγκέντρωση της βιταμίνης C αυξήθηκε παρουσία της αλατότητας με μέγιστη τιμή στη μεταχείριση S1 στο 1^ο έτος και S3 στο 2^ο έτος, την άνοιξη δεν παρατηρήθηκε επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C του 1^ο έτους αλλά αύξηση στο 2^ο έτος. Η υψηλότερη συγκέντρωση βιταμίνης C βρέθηκε στο έλασμα των φύλλων, στη συνέχεια στην κορυφή και τέλος στο μίσχο των φύλλων ανεξάρτητα εποχής (με εξαίρεση στα 8,0 dS m⁻¹ την άνοιξη). Την άνοιξη η συγκέντρωση της βιταμίνης C ήταν αυξημένη σε σχέση με το φθινόπωρο στο 1^ο και 3^ο έτος (εκτός από τη μεταχείριση S3) αλλά όχι στο 2^ο έτος.

Οι Gururaja Rao et al. (2001) αναφέρουν για τον άνηθο τιμές συγκέντρωσης βιταμίνης C γύρω στα 122 mg 100 g f.w.⁻¹, όμως δεν υπάρχουν αναφορές σχετικά με την επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C στον άνηθο. Στο φασόλι η συγκέντρωση της βιταμίνης C αυξάνεται ανάλογα με την αύξηση της αλατότητας (Nowak et al., 2008; Telesinski et al., 2008), ενώ οι Mahmud et al. (1999) δεν βρήκαν επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C στα φύλλα του λάχανου.

Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών

Η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών το φθινόπωρο και την άνοιξη αυξήθηκε στη μεταχείριση S1 (2,0 dS m⁻¹) σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ το φθινόπωρο μειώθηκε στα υψηλά επίπεδα αλατότητας (4,0-6,0 dS m⁻¹). Μεταξύ των εποχών δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές σε κανένα επίπεδο αλατότητας. Οι μεγαλύτερες τιμές σημειώθηκαν στο έλασμα και στις κορυφές και οι μικρότερες στους μίσχους. Παρόμοια, οι Mehr et al. (2012) αναφέρουν ότι η αύξηση της αλατότητας στον άνηθο μέχρι το επίπεδο των 100 mM προκάλεσε αντίστοιχη αύξηση στη συγκέντρωση των φαινολικών από 1,25 σε 3,78 mg g f.m.⁻¹.

Επίδραση της αλατότητας στα φλαβονοειδή

Στα φύλλα η συγκέντρωση της κουαρσετίνης μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας την άνοιξη, ενώ οι καμφερόλη και ισοραμνετίνη δεν επηρεάστηκαν. Σε αντίθεση το φθινόπωρο η συγκέντρωση της καμφερόλης αυξήθηκε στα 8 dS m⁻¹, ενώ η συγκέντρωση των άλλων δυο φλαβονοειδών δεν επηρεάστηκε. Οι Yung-Shin et al. (2009) αναφέρουν ότι η συγκέντρωση των φλαβονοειδών στα άνθη του άνηθου είναι 48,2 mg g d.m.⁻¹ ενώ στα φύλλα 37,2 και στους σπόρους 33,6 mg g d.m.⁻¹, αλλά μελέτες της επίδρασης της αλατότητας στη συγκέντρωση των φλαβονοειδών στον άνηθο δεν υπάρχουν στη βιβλιογραφία.

Σύμφωνα με τους Abdallah et al. (2013) η συγκέντρωση των φλαβονοειδών στα παλιά φύλλα του *Carthamus tinctorius* δεν επηρεάστηκε με την αύξηση της αλατότητας από 0 σε 50 mM NaCl, αλλά στα νέα φύλλα σε κάποιες ποικιλίες αυξήθηκε και σε κάποιες άλλες μειώθηκε. Παρόμοια συμπεράσματα αναφέρουν και οι Bourgou et al. (2008) στο *Nigella sativa*, ενώ οι Karray-bourouai et al. (2010) αναφέρουν ότι η αντιοξειδωτική συμπεριφορά της μέντας επηρεάστηκε τόσο από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όσο και από το στάδιο συγκομιδής, ενώ σημαντικό ρόλο είχε και ο συνδυασμός των δύο.

Επίδραση της αλατότητας στα αιθέρια έλαια

Η βιοσύνθεση των δευτερογενών μεταβολιτών στα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες (Tabatabaie and Nazari, 2007) και ένας από αυτούς είναι η αλατότητα του εδάφους ή / και του νερού, που προκαλεί αλλαγές στην ανάπτυξη, τη φυσιολογία, το μεταβολισμό και την παραγωγικότητα (Çiçek and Çakırlar, 2002; Jaleel et al., 2008).

Η απόδοση των αιθέριων ελαίων στο έλασμα του άνηθου το φθινόπωρο δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας, ενώ στα άνθη παρατηρήθηκε αύξηση με την εφαρμογή της αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα. Στους καρπούς η αύξηση της απόδοσης των αιθέριων ελαίων παρατηρήθηκε μέχρι τα 6 dS m⁻¹, ενώ στους σπόρους ήταν σημαντική η διαφορά μεταξύ του μάρτυρα και των 2 dS m⁻¹. Την άνοιξη φαίνεται μια αύξηση της απόδοσης των αιθέριων ελαίων στο έλασμα στα 4,5 dS m⁻¹, ενώ στα άνθη φαίνεται αύξηση της απόδοσης με την εφαρμογή της αλατότητας σε σχέση με τον μάρτυρα.

Οι Ghassemi-Golezani et al. (2008, 2011) υποστηρίζουν ότι η αύξηση της εφαρμοζόμενης αλατότητας μέχρι τα 12 dS m⁻¹ αύξησε την απόδοση του άνηθου σε αιθέρια έλαια διαμέσου της αύξησης του συνολικού ξηρού βάρους των φύλλων, ανθέων και σπόρων, όχι όμως ως αποτέλεσμα της αύξησης της περιεκτικότητας των ιστών αυτών σε αιθέρια έλαια. Η απόδοση των αιθέριων ελαίων από τους σπόρους ήταν 0,80%, ενώ από τα φύλλα

0,34%. Σε αντίθεση ο Udagawa (1995) αναφέρει ότι τα αιθέρια έλαια στα φύλλα του άνηθου μειώθηκαν με την αύξηση της αλατότητας μέχρι τα 3,6 mS cm⁻¹, ενώ οι Ashraf and Akhtar (2004) και Abd El-Wahab (2006) αναφέρουν μείωση της περιεκτικότητας των αιθέριων ελαίων στους σπόρους του μάραθου ανάλογα με την αύξηση της αλατότητας. Αντίθετα οι Neffati and Marzouk (2008) αναφέρουν αύξηση της απόδοσης των αιθέριων ελαίων από σπόρους κόλιανδρου και η Χαϊδευτού (2012) αναφέρει ότι σε αλατούχα εδάφη και ξηροθερμικές συνθήκες η περιεκτικότητα της δρόγης σε αιθέριο έλαιο στην *Origanum onites* αυξάνεται, στη *Mentha spicata* δεν επηρεάζεται δυσμενώς, ενώ στο *O. dictamnus* αποδίδει ικανοποιητικά σε δρόγη αλλά με μειωμένη απόδοση σε αιθέριο έλαιο. Συμπερασματικά λοιπόν, φαίνεται ότι η επίδραση της αλατότητας στην παραγωγή του αιθέριου ελαίου εξαρτάται τόσο από το γενετικό υλικό (είδος και ίσως ποικιλία) όσο και από τις εδαφοκλιματολογικές συνθήκες.

Η ποιοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων στο έλασμα έδειξε ότι οι ουσίες α-θουγένιο, α-πινένιο, β-πινένιο, β-μυρκένιο και α-φελλανδρένιο αυξήθηκαν στις μεταχειρίσεις 4 και 6 dS m⁻¹, ενώ το ανηθοφουράνιο μειώθηκε. Σε αντίθεση, στα άνθη η αύξηση της αλατότητας στα 4 και 6 dS m⁻¹ προκάλεσε μείωση της συγκέντρωσης των ουσιών α-πινένιο, α-φελλανδρένιο και ανηθοφουράνιο αλλά αύξηση της καρβόνης. Γενικά στους ώριμους καρπούς και τους σπόρους οι αλλαγές στις σχετικές συγκεντρώσεις των ουσιών ανάλογα με την αλατότητα ήταν περιορισμένες.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως σχετικά με την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στα αιθέρια έλαια, η περιεκτικότητα του εκχυλίσματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το στάδιο ανάπτυξης του φυτού κατά τη συγκομιδή (Huopalahti and Linko, 1983). Στην παρούσα μελέτη τα φυτά συγκομίστηκαν λίγο πριν και μετά την άνθηση και η υψηλή συγκέντρωση της καρβόνης ακόμη και στα φύλλα υποδηλώνει ότι η πορεία της άνθησης είχε ήδη ξεκινήσει. Το χαρακτηριστικό άρωμα του φυλλώματος βασίζεται στην περιεκτικότητά του σε α-φελλανδρένιο, ανηθοφουράνιο και σε μικρότερο βαθμό λιμονένιο και α-πινένιο (Callan et al., 2007). Συνεπώς η αύξηση του α-φελλανδρενίου κάτω από την επιρροή της αλατότητας μπορεί να αυξήσει το άρωμα του νεπού προϊόντος, ωστόσο η μείωση της σχετικής συγκέντρωσης του ανηθοφουράνιου θεωρείται αρνητική. Οι Said-Al Ahl and Mahmoud (2010) στον βασιλικό και το δυόσμο και οι El-Keltawi and Croteau (1987) στη μαντζουράνα αναφέρουν ότι η αύξηση της αλατότητας προκάλεσε αύξηση στην περιεκτικότητα σε λιμονένιο, ενώ αντίθετα, η καρβόνη μειώθηκε σε σχέση με τον μάρτυρα. Στον άνηθο οι σπόροι είναι η πρωταρχική πηγή της καρβόνης για εμπορική χρήση. Ενώ η αλατότητα δεν επηρεάζει σημαντικά την περιεκτικότητα των σπόρων σε καρβόνη, η σχετική

ανθεκτικότητα του άνηθου σε συνθήκες αλατότητας μπορεί να έχει σημασία για την καλλιέργεια σε υποβαθμισμένα από άλατα εδάφη, όπως προτείνεται για περιοχές της Ινδίας με E.C. μέχρι $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Πηγή Internet: ztmbpd.iari.res.in/).

Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων

Η συγκέντρωση του νατρίου ήταν αυξημένη στα $6-8 \text{ dS m}^{-1}$ σε σχέση με τις χαμηλότερες επεμβάσεις και στις περισσότερες περιπτώσεις ήταν υψηλότερη στους μίσχους σε σχέση με το έλασμα και τις κορυφές, όπως επίσης παρατήρησαν και οι Noorani Azad and Haji Bagheri (2008) και οι Noorani Azad et al. (2006) στον άνηθο με αύξηση της αλατότητας μέχρι τα 100 mM NaCl , όπως και ο Udagawa (1983) χρησιμοποιώντας επίπεδα αλατότητας έως $3,6 \text{ mS cm}^{-1}$. Η συγκέντρωση του νατρίου ήταν υψηλότερη την άνοιξη σε σχέση με το φθινόπωρο αλλά όχι πάντοτε σε στατιστικά σημαντικό βαθμό.

Η συγκέντρωση του χλωρίου αυξήθηκε στο έλασμα και το μίσχο με την αύξηση της αλατότητας στα $6-8 \text{ dS m}^{-1}$ ανεξάρτητα από την εποχή. Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα της μελέτης των Noorani Azad and Haji Bagheri (2008) και Noorani Azad et al. (2006) στον άνηθο με αύξηση της αλατότητας μέχρι τα 100 mM NaCl όπως και ο Udagawa (1983) χρησιμοποιώντας επίπεδα αλατότητας έως $3,6 \text{ mS cm}^{-1}$. Στις κορυφές η συγκέντρωση του χλωρίου είτε μειώθηκε με την εφαρμογή της αλατότητας (φθινόπωρο 2^ο έτους), είτε αυξήθηκε (άνοιξη 2^ο έτους και 3^ο έτος). Στις περισσότερες περιπτώσεις η συγκέντρωση του χλωρίου ήταν υψηλότερη στο μίσχος σε σχέση με το έλασμα και τις κορυφές.

Η συγκέντρωση του καλίου στο μίσχο και το έλασμα είτε μειώθηκε είτε δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας στις δυο εποχές σποράς με εξαίρεση την άνοιξη του 3^ο έτους, ενώ στις κορυφές δεν υπήρξε συγκεκριμένη επίδραση της αλατότητας. Το φθινόπωρο η συγκέντρωση του καλίου ήταν χαμηλότερη στο μίσχο σε σχέση με το έλασμα ή τις κορυφές, αλλά όχι πάντοτε σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο, ενώ την άνοιξη δεν εμφάνισε συγκεκριμένη τάση. Οι Noorani Azad and Haji Bagheri (2008) και οι Noorani Azad et al. (2006) αναφέρουν ότι η συγκέντρωση του καλίου (K^+) μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας μέχρι το επίπεδο των 100 mM NaCl , ενώ ο Udagawa (1983) σημείωσε αύξηση όταν το επίπεδο αλατότητας αυξήθηκε από $1,0$ μέχρι $3,6 \text{ mS cm}^{-1}$. Πιθανόν οι κλιματολογικές διαφορές μεταξύ των εποχών επηρεάζουν τα αποτελέσματα όπως και το γενετικό υλικό (ποικιλία) και το έδαφος.

Στο μάραθο παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης του νατρίου και του χλωρίου στα φύλλα και μείωση του καλίου με την αύξηση της αλατότητας από τα 1000 στα 5000 ppm (Abou El-Magd et al., 2008). Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Ashraf and Akhtar

(2004) για τις συγκεντρώσεις των παραπάνω στοιχείων στους βλαστούς του μάραθου, όταν η αλατότητα αυξήθηκε από 0 έως 100mM NaCl.

Στο φθινόπωρο του δεύτερου έτους έγινε προσδιορισμός των στοιχείων ασβέστιο, μαγνήσιο, σίδηρο, μαγγάνιο και ψευδάργυρο. Η συγκέντρωση του ασβεστίου και του μαγνησίου μειώθηκε στο μίσχο ανάλογα με την αύξηση της αλατότητας, ενώ στο έλασμα παρατηρήθηκε αύξηση στα 2 dS m⁻¹ και καμία επίδραση στις κορυφές. Η συγκέντρωση του σιδήρου μειώθηκε στο έλασμα και στις κορυφές με την εφαρμογή της αλατότητας, ενώ στο μίσχο δεν επηρεάστηκε. Στο μαγγάνιο δεν παρατηρήθηκε επίδραση της αλατότητας, ενώ ο ψευδάργυρος μειώθηκε στο έλασμα με την αύξηση της αλατότητας. Παρόμοιες αναφορές στον άνηθο δεν υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία, ωστόσο είναι γνωστή η αρνητική επίδραση της αλατότητας στην πρόσληψη σιδήρου (Rabhi et al., 2007). Σε επίπεδα αλατότητας 60 mM NaCl η πρόσληψη μαγγανίου επίσης μειώνεται στην τομάτα Zahedifar et al. (2010).

Επίδραση της αλατότητας στη ξηρά ουσία

Το ποσοστό της ξηράς ουσίας μειώθηκε στο έλασμα και το μίσχο με την αύξηση της αλατότητας το φθινόπωρο, ενώ την άνοιξη στο έλασμα δεν επηρεάστηκε από την αλατότητα και στο μίσχο είτε μειώθηκε (2^ο έτος) είτε αυξήθηκε (3^ο έτος). Στις κορυφές η ξηρά ουσία δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας στο 2^ο έτος αλλά αυξήθηκε στα επίπεδα αλατότητας (6-8 dS m⁻¹) στο 3^ο έτος. Στο μίσχο παρατηρήθηκε η χαμηλότερη τιμή σε σχέση με το έλασμα και τις κορυφές, ανεξάρτητα της εποχής σποράς. Την άνοιξη η ξηρά ουσία ήταν υψηλότερη σε σχέση με το φθινόπωρο σε όλα τα τμήματα του φύλλου.

Σύμφωνα με τους Ghassemi – Golezani et al. (2011) το ξηρό βάρος των φύλλων, των ανθέων και των σπόρων του άνηθου ήταν σημαντικά υψηλότερο στα 12 dS m⁻¹ σε σχέση με το μάρτυρα. Σε αντίθεση, οι Noorani Azad and Haji Bagheri (2008), οι Noorani Azad et al. (2006) και ο Mehr (2013) αναφέρουν ότι το ξηρό βάρος των φύλλων του άνηθου μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας μέχρι το επίπεδο των 100 mM NaCl. Πιθανόν η επίδραση της αλατότητας στο ξηρό βάρος στις προαναφερόμενες εργασίες όπως και στο ποσοστό ξηράς ουσίας στην παρούσα διατριβή εξαρτάται από το στάδιο συγκομιδής των φυτών. Για παράδειγμα, ο Mehr (2013) μελέτησε φυτά σε πολύ νεανικό στάδιο ανάπτυξης (στο στάδιο μεταφύτευσης), ενώ στην παρούσα μελέτη το ποσοστό ξηράς ουσίας μετρήθηκε σε φυτά στο στάδιο πλήρους ανάπτυξης των φύλλων. Σε αντίθεση τα φυτά στη μελέτη των Ghassemi – Golezani et al. (2011) είχαν ανθίσει, στάδιο το οποίο τα ελάσματα των φύλλων έχουν ήδη χάσει βάρους.

Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και της αλατότητας σε συνδυασμό με τις συνθήκες αποθήκευσης στη μετασυλλεκτική ζωή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου

Τα νωπά φυλλώδη λαχανικά, όπως ο άνηθος έχουν πολύ μικρή μετασυλλεκτική ζωή, η οποία συνήθως δεν ξεπερνά τις 10-14 ημέρες. Οι απώλειες που παρατηρούνται στα φυλλώδη λαχανικά μετά τη συγκομιδή οφείλονται κυρίως στον υψηλό ρυθμό μεταβολισμού τους και τη ραγδαία απώλεια νερού λόγω διαπνοής (Ryall and Lipton, 1979; Rubatzky et al., 1999). Στην παρούσα διατριβή μελετήθηκε η μετασυλλεκτική συμπεριφορά του άνηθου κάτω από διάφορες συνθήκες συσκευασίας με κύριο μέλημα την εύρεση τυχών επιδράσεων της αζωτούχου λίπανσης και της καταπόνησης λόγω αλατότητας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος κατά τη διάρκεια αποθήκευσης.

Απώλεια βάρους

Από το πείραμα του αζώτου συμπεράναμε ότι η αποθήκευση σε πλαστικό φιλμ τύπου “Cling” δεν ήταν εμπορικά αποδεκτή καθώς η απώλεια βάρους έφτανε την πρώτη εβδομάδα το 32% και τη δεύτερη εβδομάδα το 51%. Η συσκευασία σε αδιαπέραστο πλαστικό ήταν αποδεκτή καθώς η απώλεια βάρους δεν ξεπερνούσε το 15% τη 1^η εβδομάδα και το 17% τη δεύτερη εβδομάδα. Η απώλεια βάρους δεν επηρεάστηκε από την αζωτούχο λίπανση, την εποχή σποράς ή τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Στο πείραμα της αλατότητας παρατηρήθηκε μείωση της απώλειας βάρους στους 0,5°C σε σχέση με τις υψηλότερες θερμοκρασίες το φθινόπωρο, ενώ την άνοιξη ήταν σημαντική τόσο η επίδραση της διάρκειας όσο και της θερμοκρασίας αποθήκευσης. Η επίδραση των διαφόρων επιπέδων αλατότητας δεν ήταν σημαντική.

Σύμφωνα με τους Sakaldas et al. (2010), υπάρχει αύξηση της απώλειας βάρους του άνηθου με την αύξηση της θερμοκρασίας από 0 σε 4°C και με την αύξηση της διάρκειας αποθήκευσης. Οι Catunescu et al. (2012) αναφέρουν ότι η υγρασία στα φύλλα του άνηθου μειώθηκε περίπου 1-2% κατά τη διάρκεια αποθήκευσης 12 ημερών στους 4°C σε αεροστεγείς σακούλες πολυαιθυλενίου. Για την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και της αλατότητας στη μετασυλλεκτική ζωή του άνηθου δεν υπάρχουν αναφορές στη βιβλιογραφία.

Σύνθεση ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία

Η μείωση της συγκέντρωσης O₂ στην ατμόσφαιρα αποθήκευσης μπορεί να είναι ωφέλιμη για τη συντήρηση των φυλλωδών λαχανικών όπως το σπανάκι οπού μειώνει το ρυθμό αναπνοής και το ρυθμό απώλειας της βιταμίνης C και αυξάνει τη διάρκεια

αποθήκευσης (Lipton, 1975; Robinson et al., 1975; McGill et al. 2006). Ωστόσο η συγκέντρωση του O₂ δεν πρέπει να μειωθεί κάτω από 1-3% (ανάλογα με το είδος) διότι μπορεί να προκύπτει αναερόβια αναπνοή ή ζύμωση με ολοκληρωτική απώλεια του προϊόντος (Kader, 1985).

Η σύνθεση της ατμόσφαιρας στο πείραμα του αζώτου στο “Cling” film δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τις συνθήκες αποθήκευσης ή από το επίπεδο αζωτούχου λίπανσης πριν τη συγκομιδή. Αντίθετα, στη συσκευασία σε αδιαπέραστο πλαστικό, το φθινόπωρο το O₂ μειώθηκε σταδιακά μέχρι το 2%, με παράλληλη αύξηση του CO₂. Στις υψηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης (5 και 10°C) τη 2^η εβδομάδα αναπτύχθηκαν συνθήκες αναεροβίωσης. Όταν μειώθηκε η ποσότητα των φύλλων (επομένως και το βάρος) στις συσκευασίες δεν υπήρχε πλέον πρόβλημα αναεροβίωσης. Για παράδειγμα, κατά το φθινόπωρο του 3^{ου} έτους η συγκέντρωση του O₂ δεν έπεσε κάτω από 3% τη 1^η εβδομάδα και 7% τη 2^η εβδομάδα στους 2°C, ενώ στους 7°C η συγκέντρωση O₂ ήταν 10-12% τη 1^η εβδομάδα και 2-6% τη 2^η εβδομάδα.

Στο πείραμα της αλατότητας το φθινόπωρο η αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης στους 7°C σε σχέση με τις 0,5 και 5°C προκάλεσε μεγαλύτερη μείωση του O₂ με ταυτόχρονη αύξηση του CO₂. Την άνοιξη η επίδραση της θερμοκρασίας ήταν σημαντική μόνο στο μάρτυρα. Η επίδραση της διάρκειας αποθήκευσης ήταν σημαντική σε όλες τις περιπτώσεις εκτός από το 8 dS m⁻¹ στους 2°C. Η αλατότητα δεν φάνηκε να επηρεάζει τη συγκέντρωση O₂ ή CO₂ με εξαίρεση το τρίτο έτος τη 2^η εβδομάδα, όπου στους 2°C (S3 και S4) και στους 7°C όπου στο S4 παρατηρήθηκε μείωση του O₂ και αύξηση του CO₂.

Οι Sakaldas et al. (2010) αναφέρουν μείωση του O₂ και αύξηση του CO₂ στις συσκευασίες με ημιδιαπερατό πλαστικό, ενώ οι μεταβολές είναι πιο έντονες στους 4°C σε σχέση με τους 0°C. Η έλλειψη επίδρασης της N-λίπανσης στη σύνθεση της ατμόσφαιρας στις συσκευασίες κατά την αποθήκευση υποδηλώνει ότι δεν υπήρξε αλλαγή στο ρυθμό αναπνοής των δειγμάτων από τα διαφορετικά επίπεδα N. Σε αντίθεση η μικρότερη μείωση της συγκέντρωσης του O₂ σε δείγματα που προέρχονταν από υψηλές συνθήκες αλατότητας (S3 και S4 το 3^ο έτος) υποδηλώνει μείωση του ρυθμού αναπνοής εξαιτίας της καταπόνησης ιδιαίτερα στους 7°C όπου τη 2^η εβδομάδα της αποθήκευσης η συγκέντρωση του O₂ ήταν 6,4%. Ωστόσο, οι υψηλές συγκεντρώσεις N ή NaCl δεν επηρεάζουν το ρυθμό αναπνοής του άνηθου μετασυλλεκτικά στον ίδιο βαθμό που γίνεται σε ευαίσθητα είδη (π.χ. σιτάρι) στον αγρό (Moud and Maghsoudi, 2008; Niskanen and Dris, 2006; Ribas-Carago et al., 2005).

Χλωροφύλλη

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης (α , β και ολικής) στο μάρτυρα του αζώτου μειώθηκε κατά τη διάρκεια αποθήκευσης σε πλαστικό “Cling” στους 10°C και στις δύο εποχές, ενώ στις υψηλότερες επεμβάσεις αζώτου η επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης δεν ήταν σαφής. Μεταξύ των θερμοκρασιών αποθήκευσης διαπιστώθηκε σημαντική απώλεια της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης στους 10°C σε σχέση με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες ανεξάρτητα από την αζωτούχο λίπανση και τη διάρκεια αποθήκευσης. Στα φύλλα που συσκευάστηκαν σε αδιαπέραστο πλαστικό το φθινόπωρο η συγκέντρωση της χλωροφύλλης δεν επηρεάστηκε τη 1^η εβδομάδα από τη θερμοκρασία και το επίπεδο N, ενώ την άνοιξη, μειώθηκε τη 2^η εβδομάδα σε όλες τις θερμοκρασίες ανεξάρτητα από το επίπεδο N.

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στο πείραμα της αλατότητας το φθινόπωρο δεν επηρεάστηκε από τη θερμοκρασία αποθήκευσης με εξαίρεση τη μείωση στο μάρτυρα στους 5°C και στους 7°C τη 1^η εβδομάδα. Η αύξηση της διάρκειας αποθήκευσης προκάλεσε αύξηση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης τη 2^η εβδομάδα στο μάρτυρα και τα 2 dS m⁻¹, και μείωση στα 4 dS m⁻¹ στο τρίτο έτος. Την άνοιξη η συγκέντρωση της χλωροφύλλης δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της διάρκειας αποθήκευσης ανεξάρτητα της θερμοκρασίας στο 1^ο έτος, ενώ μειώθηκε στους 2°C (2^ο έτος). Στο τρίτο έτος μειώθηκε η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στο S1 και στο S2 (μόνο στους 7°C), ενώ στις υψηλότερες συγκεντρώσεις η αύξηση ήταν σημαντική σε σχέση με τις αρχικές μετρήσεις. Μεταξύ θερμοκρασιών δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές, με εξαίρεση στο δεύτερο έτος την αύξηση στη μεταχείριση S1 στην 1^η εβδομάδα και στο τρίτο έτος τη μείωση τη δεύτερη εβδομάδα στο S1 και αύξηση στο S2.

Οι Catunescu et al. (2012) αναφέρουν μείωση της συγκέντρωσης της ολικής χλωροφύλλης στον άνηθο (45%), το λοβίστικο (38%) και τον μαϊντανό (42%) μετά από αποθήκευση για 12 ημέρες στους 4°C. Οι Lisiewska et al. (2006) και οι Yamauchi and Watada (1993) αναφέρουν απώλεια της ολικής χλωροφύλλης στον μαϊντανό της τάξης των 40% μετά από 3 ημέρες και 64% μετά από 5 ημέρες στους 20°C. Σύμφωνα με τους Antonopoulos et al. (2014), κατά την αποθήκευση του μαϊντανού στους 2°C η συγκέντρωση της χλωροφύλλης (με βάση το νωπό βάρος) αυξήθηκε ανεξάρτητα από το επίπεδο N-λίπανσης πριν τη συγκομιδή εξαιτίας της απώλειας νερού από τα φύλλα, ενώ στους 7°C μειώθηκε πιθανόν εξαιτίας του αυξημένου μεταβολισμού. Στην παρούσα μελέτη η μείωση της χλωροφύλλης στις υψηλές θερμοκρασίες (5-7°C) στο μάρτυρα πιθανόν οφείλεται στον αυξημένο ρυθμό μεταβολισμού και στη χαμηλή αρχική συγκέντρωση της χλωροφύλλης, ενώ

η αύξηση της χλωροφύλλης με την αύξηση της αποθήκευσης πιθανόν σχετίζεται με την απώλεια νερού.

Καροτενοειδή

Η συγκέντρωση των καροτενοειδών μετρήθηκε μόνο σε φύλλα συσκευασμένα σε αδιαπέραστο πλαστικό και μόνο το φθινόπωρο οπότε η συγκέντρωση των καροτενοειδών στο στάδιο συγκομιδής ήταν υψηλότερη στα 150-450 ppm N σε σχέση με το μάρτυρα και αυτή η διαφορά διατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης δεδομένου ότι δεν επηρεάστηκε από τη θερμοκρασία αποθήκευσης ανεξάρτητα από το επίπεδο N.

Το επίπεδο αλατότητας είχε ελάχιστη ή καθόλου επίδραση στη συγκέντρωση των καροτενοειδών στα φύλλα του άνηθου στο στάδιο συγκομιδής το φθινόπωρο ή κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης οπότε η συγκέντρωση των καροτενοειδών είτε δεν άλλαξε είτε μειώθηκε και με ελάχιστες εξαιρέσεις δεν επηρεάστηκε από τη θερμοκρασία.

Την άνοιξη του 2^{ου} έτους παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών κυρίως την 1^η εβδομάδα σε σχέση με τις αρχικές τιμές και στις περισσότερες περιπτώσεις ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Η επίδραση της αλατότητας παρουσιάστηκε κυρίως στο στάδιο συγκομιδής οπότε στο 2^ο έτος η συγκέντρωση των καροτενοειδών μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας καθώς και στο 3^ο έτος σε σχέση με το S1. Στο 3^ο έτος η συγκέντρωση των καροτενοειδών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης είτε αυξήθηκε είτε μειώθηκε ή δεν άλλαξε χωρίς όμως τα αποτελέσματα αυτά να σχετίζονται με το επίπεδο αλατότητας κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Η συγκέντρωση των καροτενοειδών σε καταψυγμένο άνηθο, σύμφωνα με τους Lisiewska et al. (2004) μειώθηκε με την αποθήκευση μέχρι τους 12 μήνες αλλά στο νωπό προϊόν δεν αναφέρεται κάποια μελέτη της μετασυλλεκτικής συμπεριφοράς του άνηθου σχετικά με την περιεκτικότητά του σε καροτενοειδή ή όσον αφορά στην επίδραση της N-λίπανσης ή της αλατότητας. Σε άλλα είδη όμως (π.χ. σπανάκι, φύλλα πιπεριάς και μαϊντανό) παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών με την αύξηση της διάρκειας αποθήκευσης (Bunea et al., 2008; Takama and Saito, 1974).

Βιταμίνη C

Η συγκέντρωση της βιταμίνης C στον άνηθο συσκευασμένο σε πλαστικό τύπου “Cling” το φθινόπωρο μειώθηκε στο επίπεδο των 150 ppm N με την αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης, αλλά όχι στα υψηλότερα επίπεδα N. Την άνοιξη, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στους 10°C τόσο την 1^η εβδομάδα (0 και 300 ppm N) όσο και τη 2^η (0 – 300 ppm N). Η επίδραση της διάρκειας αποθήκευσης δεν ήταν σημαντική στους 0,5 και 5°C

(με εξαίρεση τη μείωση στα 300 ppm N), ενώ στους 10°C παρατηρήθηκε μείωση στα 150 και 300 ppm N. Στις συσκευασίες με αδιαπέραστο πλαστικό, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στη συγκέντρωση της βιταμίνης C το φθινόπωρο με την αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης στους 5 και 10°C σε σχέση με τους 2°C. Την άνοιξη η συγκέντρωση της βιταμίνης C δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ η επίδραση της διάρκειας αποθήκευσης ήταν σημαντική μόνο στο μάρτυρα στους 0,5 και 10°C.

Η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C στο στάδιο συγκομιδής διέφερε μεταξύ των εποχών και των ετών. Παράλληλα, ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις η συγκέντρωση της βιταμίνης C ακολούθησε μια πτωτική πορεία κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, ο βαθμός απώλειας δεν φαίνεται να σχετίζεται με το επίπεδο αλατότητας. Γενικά το φθινόπωρο η συγκέντρωση της βιταμίνης C ήταν χαμηλότερη στην υψηλή θερμοκρασία αλλά όχι πάντοτε, ενώ την άνοιξη η συγκέντρωση της βιταμίνης C μειώθηκε τόσο με την αύξηση του χρόνου αποθήκευσης όσο και με την αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις.

Η απώλεια της βιταμίνης C κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης των φυλλωδών λαχανικών αποτελεί σημαντική απώλεια της θρεπτικής ποιότητας των προϊόντων και συνήθως αυξάνεται με τη διάρκεια και τη θερμοκρασία της αποθήκευσης (Lee and Kader, 2000). Στον άνηθο, οι Catunescu et al. (2012) αναφέρουν ότι η συγκέντρωση της βιταμίνης C αρχικά ήταν 204,55 mg 100g f.w.⁻¹ και μειώθηκε 8% μετά από 12 ημέρες. Οι Howard et al. (1999) σε διάφορα φυτά όπως και οι Lisiewska et al. (2003) στον άνηθο αναφέρουν επίσης μείωση της βιταμίνης C ανάλογα με τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η απώλεια της βιταμίνης C στις λαχανίδες, στο σπανάκι, το λάχανο και τα φασόλια αυξανόταν με την αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης (Ezell and Wilcox, 1959), ενώ οι Albrecht et al. (1990) αναφέρουν ότι σε 6 ποικιλίες μπρόκολου η συγκέντρωση της βιταμίνης C κυμάνθηκε στο 56 - 98% σε σχέση με τις αρχικές τιμές μετά από αποθήκευση για 3 εβδομάδες στους 2°C. Συμπερασματικά δηλαδή, η επίδραση της διάρκειας αποθήκευσης στη συγκέντρωση της βιταμίνης C στον άνηθο είναι όμοια με αυτή σε άλλα είδη. Ωστόσο η επίδραση της N-λίπανσης ή της αλατότητας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C κατά την αποθήκευση των φυλλωδών ειδών όπως στον άνηθο δεν φαίνεται να έχει μελετηθεί μέχρι τώρα.

Ολικά φαινολικά

Ενώ το φθινόπωρο η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ήταν μειωμένη στα υψηλά επίπεδα αζώτου (300-450 ppm N) στο στάδιο της συγκομιδής, κατά τη διάρκεια μιας

εβδομάδας αποθήκευσης σε αδιαπέραστο πλαστικό δεν παρουσιάστηκε περαιτέρω μεταβολή ανεξάρτητα από το επίπεδο αζώτου ή τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Υπό την επίδραση της αλατότητας το φθινόπωρο παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών μετά από αποθήκευση για μια εβδομάδα στους 2, 5 και 7°C στις μεταχειρίσεις 0-2 dS m⁻¹ τα δύο πρώτα έτη και στα υψηλά επίπεδα αλατότητας (6-8 dS m⁻¹) στους 2 και 7°C στο 3^ο έτος. Την άνοιξη, δεν παρατηρήθηκε συγκεκριμένη επίδραση του επιπέδου αλατότητας στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία και τη διάρκεια αποθήκευσης.

Σύμφωνα με τους Sakaldas et al. (2010), η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών στον άνηθο συσκευασμένο σε πολυαιθυλένιο ή πολυβινύλιο είτε αυξήθηκε, είτε μειώθηκε ή δεν επηρεάστηκε κατά τη διάρκεια 10 ημερών αποθήκευσης στους 0 ή 4°C, αλλά στη συνέχεια μειώθηκε σημαντικά με την αύξηση της διάρκειας αποθήκευσης από 10 σε 30 ημέρες, ενώ η μείωση ήταν μικρότερη στους 0°C σε σχέση με τους 4°C. Έτσι, πιθανόν αν η διάρκεια της αποθήκευσης ήταν μεγαλύτερη από 2 εβδομάδες στην παρούσα μελέτη θα προέκυπτε μείωση στη συγκέντρωση των φαινολικών, αλλά το αποτέλεσμα αυτό επίσης σχετίζεται με την απώλεια νερού (Hajimehdipoor et al., 2012) και αυξάνεται περισσότερο σε υψηλότερες θερμοκρασίες (Chu et al., 2000).

Ξηρά ουσία

Το ποσοστό της ξηράς ουσίας στις συσκευασίες με φιλμ τύπου “Cling” αυξήθηκε τόσο το φθινόπωρο όσο και την άνοιξη κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (αποτέλεσμα της απώλειας υγρασίας) χωρίς επίδραση της συγκέντρωσης N ή της θερμοκρασίας αποθήκευσης. Το ποσοστό της ξηράς ουσίας στις συσκευασίες με αδιαπέραστο πλαστικό το φθινόπωρο αυξήθηκε στις χαμηλές συγκεντρώσεις N (50 και 150 ppm N) σε σχέση με τις αρχικές τιμές, αλλά όχι στα υψηλότερα επίπεδα N (300 και 450 ppm N). Αντίθετα, την άνοιξη, παρατηρήθηκε αύξηση της ξηράς ουσίας στις μεταχειρίσεις με 300 και 450 ppm N σε σχέση με τις αρχικές τιμές ανεξάρτητα θερμοκρασίας. Με ελάχιστες εξαιρέσεις το ποσοστό ξηράς ουσίας δεν επηρεάστηκε από το επίπεδο αλατότητας είτε πριν είτε μετά την αποθήκευση ανεξάρτητα από την εποχή καλλιέργειας.

Οι Lisiewska et al. (2004) αναφέρουν ότι το ποσοστό ξηράς ουσίας στα φύλλα του άνηθου κυμαινόταν γύρω στα 13% ενώ στο φυτό ολόκληρο ήταν 9,5%. Η επίδραση της διάρκειας της αποθήκευσης στο ποσοστό ξηράς ουσίας εξαρτάται κυρίως από την απώλεια υγρασίας. Οπού η απώλεια νερού είναι υψηλή (όπως στο πλαστικό τύπου “Cling”) η ξηρά ουσία αυξάνεται, οπού η απώλεια νερού περιορίζεται (στο αδιαπέραστο πλαστικό) το

ποσοστό ξηράς ουσίας δεν αλλάζει (Catunescu et al., 2012). Συνεπώς, η επίδραση του N ή της αλατότητας είναι δευτερεύουσας σημασίας.

Νιτρικά

Η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα του άνηθου τόσο το φθινόπωρο όσο και την άνοιξη κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε πλαστικό τύπου “Cling” διατήρησε την αύξηση που είχε πριν τη συγκομιδή με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Γενικά η συγκέντρωση των νιτρικών δεν επηρεάστηκε από τη διάρκεια αποθήκευσης για μια εβδομάδα ή αυξήθηκε εξαιτίας της απώλειας νωπού βάρους. Η συγκέντρωση των νιτρικών σε φύλλα συσκευασμένα σε αδιαπέραστο πλαστικό δεν επηρεάστηκε από τη διάρκεια αποθήκευσης το φθινόπωρο, ενώ αυξήθηκε στα χαμηλά επίπεδα N την άνοιξη. Η συγκέντρωση των νιτρικών το φθινόπωρο μειώθηκε στους 10°C σε σχέση με τους 2 και 5°C, ενώ την άνοιξη δε παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση της θερμοκρασίας σε κανένα επίπεδο αζωτούχου λίπανσης.

Η συγκέντρωση των νιτρικών στο πείραμα της αλατότητας αυξήθηκε μετά την αποθήκευση σε σχέση με τις αρχικές τιμές στους 0,5°C καθώς και στο μάρτυρα στους 5°C.

Στον άνηθο όπως και στο μαϊντανό η επίδραση της N-λίπανσης στη συγκέντρωση των νιτρικών στα εδώδιμα μέρη του φυτού στο στάδιο συγκομιδής έχουν μελετηθεί σε βάθος (Hornok, 1983; Petropoulos et al., 2008; Wander and Boumeester, 1998), αλλά όχι η εν συνεχεία περιεκτικότητα του άνηθου στα νιτρικά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Στο μαϊντανό η συγκέντρωση των νιτρικών μειώθηκε σταδιακά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης στους 0-2°C για 15 ημέρες, ενώ η συγκέντρωση των νιτρικών αυξήθηκε (Kmieciak and Jaworska, 1996). Ωστόσο στο μαρούλι δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στη συγκέντρωση των νιτρικών κατά τη διάρκεια αποθήκευσης για μέχρι 15 ημέρες στους 1°C (Siomos et al., 2002), ενώ οι Poulsen et al. (1995) αναφέρουν αύξηση των νιτρικών στο μαρούλι μετά από αποθήκευση για 1 ή 2 εβδομάδες σε θερμοκρασία 1°C. Συγκριτικά δηλαδή φαίνεται ότι η συγκέντρωση των νιτρικών στα αποθηκευμένα φύλλα εξαρτάται κυρίως από το επίπεδο N-λίπανσης στον αγρό και μετασυσλλεκτικά από την απώλεια νερού και πιθανόν επίσης από τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Επειδή η επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση των νιτρικών κατά την αποθήκευση προσδιορίστηκε μόνο το φθινόπωρο του 1^{ου} έτους (λόγω έλλειψης φυτών την άνοιξη) χρειάζεται περαιτέρω έρευνα ώστε να επιβεβαιωθεί το αποτέλεσμα.

Χλώριο, Νάτριο, Κάλιο, Ασβέστιο, Μαγνήσιο, Ιχνοστοιχεία

Σε γενικές γραμμές, η συγκέντρωση του χλωρίου, νατρίου και καλίου που υπήρξε στο στάδιο συγκομιδής διατηρήθηκε σε παρόμοιο επίπεδο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η συγκέντρωση του ασβεστίου και του μαγνησίου μειώθηκε στους 2°C στα χαμηλά επίπεδα αλατότητας (S0, S1) σε σχέση με την αρχική τιμή και σε σχέση με τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν στους 7°C. Τα ιχνοστοιχεία (μαγγάνιο, ψευδάργυρος και σίδηρο) αυξήθηκαν στις μεταχειρίσεις S0 και S1, ενώ μειώθηκαν στο S3.

Παρόμοια μελέτη της επίδρασης της αλατότητας στην περιεκτικότητα των νωπών φύλλων του άνηθου σε ανόργανα στοιχεία κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης δεν εντοπίστηκαν στη διεθνή βιβλιογραφία. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Slupski et al. (2005) η συγκέντρωση των στοιχείων δεν επηρεάστηκε από την αποθήκευση σε συνθήκες κατάψυξης (-20 και -30°C) για 3-12 μήνες.

Υδατική καταπόνηση

Ο άνηθος είναι φυτό της ψυχρής εποχής και καλλιεργείται κυρίως κατά τη διάρκεια του χειμώνα, εποχή που σπάνια θα υποστεί υδατική καταπόνηση. Κατά την ανοιξιάτικη καλλιέργεια όμως μπορεί να προκύψει έλλειψη νερού η οποία σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν την ανάπτυξη του φυτού και την παραγωγή, όπως παρατηρήθηκε στην παρούσα μελέτη.

Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην ανάπτυξη του άνηθου

Ο βιολογικός κύκλος του άνηθου κατά την ανοιξιάτικη καλλιέργεια στην Αττική είναι μικρός διότι με την αύξηση της διάρκειας της ημέρας το φυτό εισέρχεται σε άνθηση σε μικρό στάδιο ανάπτυξης, συνεπώς το μέγεθος του φυτού στο στάδιο συγκομιδής είναι μικρότερο σε σχέση με τα φυτά της φθινοπωρινής σποράς. Η παρουσία υδατικής καταπόνησης την άνοιξη περιόρισε ακόμη περισσότερο την ανάπτυξη του φυτού μειώνοντας τόσο τον αριθμό των φύλλων ανά φυτό όσο και το βάρος των φυτών και των φύλλων, ενώ το ύψος των φυτών και το βάρος των στελεχών μειώθηκε μόνο στο πρώτο έτος. Η σύγκριση φύλλων / στελεχών έδειξε ότι τα φύλλα είχαν μεγαλύτερο βάρος από τα στελέχη σε όλες τις περιπτώσεις με εξαίρεση το επίπεδο WS 60 στο δεύτερο έτος.

Βιβλιογραφικές αναφορές της επίδρασης της υδατικής καταπόνησης στον άνηθο προέρχονται από ξηρές, θερμές περιοχές του Ιράν και της Ινδίας όπου οι Mehta et al. (2012), οι Ghassemi-Golezani et al. (2008) και οι Hagshenas and Eskandari (2011) αναφέρουν ότι η αύξηση της υδατικής καταπόνησης προκάλεσε μείωση στο ύψος και το βάρος των φυτών

καθώς και την παραγωγή σπόρων. Παρόμοια, οι Mehr and Ganjeali (2013) αναφέρουν μείωση του μήκους των βλαστών και των ριζών, του αριθμού και της επιφάνεια των φύλλων του άνηθου υπό την επιρροή της υδατικής καταπόνησης, ενώ παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί για το μαϊντανό (Petrooulos et al., 2006), την ρίγανη και την μέντα (Matraka et al., 2010). Συμπερασματικά δηλαδή η περιοριστική επιρροή της υδατικής καταπόνησης στην ανάπτυξη του άνηθου στην παρούσα μελέτη ήταν όμοια με αυτή που αναφέρεται στον άνηθο και άλλα αρωματικά φυτά και σε άλλες χώρες.

Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α και της ολικής χλωροφύλλης στο πρώτο έτος αυξήθηκε σημαντικά στο επίπεδο WS 40 σε σχέση με το μάρτυρα (WS 20) και το υψηλό επίπεδο καταπόνησης (WS 60). Στο 2^ο έτος η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης δεν επηρεάστηκε από την υδατική καταπόνηση παρόλο που υπήρξε σχετική αύξηση της χλωροφύλλης στο επίπεδο WS 60. Τα αποτελέσματα αυτά διαφέρουν από αυτά που παρουσιάζονται στη μελέτη των Mehr and Ganjeali (2013) όπου η αύξηση της υδατικής καταπόνησης μέχρι -3 bar προκάλεσε μείωση στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης και παράλληλη μείωση των καροτενοειδών και αύξηση των φαινολικών. Παρόμοια, οι Matraka et al. (2010) ανέφεραν μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης με την αύξηση της υδατικής καταπόνησης στη μέντα και τη ρίγανη, ενώ οι Azhar et al (2011) αναφέρουν ότι η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α δεν επηρεάστηκε αλλά η χλωροφύλλη β και η ολική ήταν αυξημένες στο *Trachyspermum ammi* σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Στην παρούσα μελέτη η υδατική καταπόνηση ήταν πιο έντονη (-4 και -6 bar) σε σχέση με αυτή στη μελέτη των Mehr and Ganjeali (2013) και η διαφορά στα αποτελέσματα ίσως σχετίζεται με την αυξημένη καταπόνηση εδώ και την αύξηση του ποσοστού ξηράς ουσίας στα φύλλα κάτι που δεν αναφέρεται από τους Mehr and Ganjeali (2013).

Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης δεν ήταν σημαντική στη συγκέντρωση των καροτενοειδών, της βιταμίνης C και των ολικών φαινολικών.

Οι Mehta et al. (2012) και Ghassemi-Golezani et al. (2008) αναφέρουν ότι η αύξηση της υδατικής καταπόνησης προκάλεσε αύξηση στη ξηρά ουσία στον άνηθο όπως παρατηρήθηκε στην παρούσα μελέτη στα φύλλα στο επίπεδο WS 60, ενώ στα στελέχη το ποσοστό ξηράς ουσίας αυξήθηκε ανάλογα με την ένταση της καταπόνησης.

Επίδραση της υδατικής καταπόνησης στη συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων

Η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα αυξήθηκε στα επίπεδα WS 40 και WS 60 σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ στα στελέχη η αύξηση ήταν σημαντική μόνο στο επίπεδο WS 60. Σε αντίθεση, η συγκέντρωση του χλωρίου και του νατρίου μειώθηκε με την εφαρμογή της υδατικής καταπόνησης στα φύλλα, όπως και η συγκέντρωση του καλίου στα φύλλα (στο επίπεδο WS 60), ενώ στα στελέχη αυξήθηκε στο επίπεδο WS 40.

Σύμφωνα με τους Mehr and Ganjeali (2013) η συγκέντρωση των K, P και Ca στους βλαστούς του άνηθου μειώθηκε λόγω υδατικής καταπόνησης. Ωστόσο, άλλες αναφορές σχετικά με την επίδραση της υδατικής καταπόνησης στον άνηθο δεν υπάρχουν. Οι Munns et al. (1979) αναφέρουν αύξηση της συγκέντρωσης ανόργανων στοιχείων στο σιτάρι, ενώ οι Ford and Wilson (1981) αναφέρουν μείωση. Οι Heuer et al. (1979) αναφέρουν μείωση των νιτρικών στο σιτάρι με την εφαρμογή υδατικής καταπόνησης.

Μελέτη ποικιλιών

Επειδή τα πειράματα της σε βάθος μελέτης της αζωτούχου λίπανσης και της αλατότητας στην ανάπτυξη και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών του άνηθου πραγματοποιήθηκαν αποκλειστικά στην ποικιλία Dukat η οποία είναι από τις πολύ διαδομένες στην Ελλάδα, παράλληλα μελετήθηκε σε ένα επιπλέον πείραμα η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και της αλατότητας στην ανάπτυξη και την ποιότητα 5 ποικιλιών (Bouquet, Diana, Dill, Dukat, Tetra) προκειμένου να διαπιστωθεί εάν τα αποτελέσματα που αναφέρονται στη ποικιλία Dukat ισχύουν και στις υπόλοιπες.

Επίδραση της N-λίπανσης

Ανάπτυξη του άνηθου

Το ύψος των φυτών το φθινόπωρο κυμάνθηκε μεταξύ 28 cm (Diana) και 50 cm (Tetra), χωρίς συγκεκριμένη επίδραση της αζωτούχου λίπανσης, ενώ την άνοιξη οι τιμές ήταν 34 – 52cm με σχετική αύξηση μόνο στη Diana στα 300 ppm N. Το βάρος των φυτών και ο αριθμός φύλλων ανά φυτό το φθινόπωρο δεν επηρεάστηκαν από το επίπεδο της N-λίπανσης με εξαίρεση τις ποικιλίες Tetra και Dukat όπου παρατηρήθηκε αύξηση στα 300 ppm N σε σχέση με το μάρτυρα (50 ppm N). Σε αντίθεση την άνοιξη το βάρος των φυτών όλων των ποικιλιών και ο αριθμός φύλλων ανά φυτό (με εξαίρεση την Dukat και την Tetra) αυξήθηκαν σημαντικά στα 300 ppm N σε σχέση με το μάρτυρα.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου

Η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης κυμάνθηκε μεταξύ των ποικιλιών με μέγιστη συγκέντρωση στη Diana το φθινόπωρο και στη Dukat την άνοιξη. Σε όλες τις ποικιλίες την άνοιξη και στις Bouquet, Dill και Dukat το φθινόπωρο παρατηρήθηκε αύξηση στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις σε στατιστικά μη σημαντικό επίπεδο. Αντίθετα, η συγκέντρωση των καροτενοειδών διέφερε μεταξύ ποικιλιών κυρίως το φθινόπωρο με μέγιστη τιμή στην Tetra, ενώ την άνοιξη μόνο η Dill είχε χαμηλότερη συγκέντρωση σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες. Δεν παρατηρήθηκε ουσιαστική διαφοροποίηση μεταξύ των ποικιλιών όσον αφορά στη συγκέντρωση των καροτενοειδών σε σχέση με το επίπεδο N-λίπανσης είτε το φθινόπωρο είτε την άνοιξη.

Επίδραση της αλατότητας

Ανάπτυξη του άνηθου

Το φθινόπωρο, δεν παρατηρήθηκε επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών (ύψος, βάρος, αριθμός φύλλων), ενώ την άνοιξη προέκυψαν κάποιες διακυμάνσεις, για παράδειγμα αύξηση του βάρους των φυτών στην ποικιλία Tetra και στον αριθμό φύλλων ανά φυτό στη Dukat, ενώ στη Diana ο αριθμός φύλλων μειώθηκε στο υψηλό επίπεδο αλατότητας.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου

Τόσο το φθινόπωρο όσο και την άνοιξη δεν παρατηρήθηκε διαφοροποίηση μεταξύ των ποικιλιών όσον αφορά την επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης και των καροτενοειδών, με εξαίρεση τη Bouquet και τη Dukat το φθινόπωρο όπου υπήρξε σχετική αύξηση και μείωση αντίστοιχα στη συγκέντρωση των καροτενοειδών στο υψηλό επίπεδο αλατότητας.

Ανόργανα στοιχεία του άνηθου

Η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των ποικιλιών το φθινόπωρο και η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης δεν προκάλεσε αξιόλογες μεταβολές. Την άνοιξη, η συγκέντρωση των νιτρικών στο μάρτυρα ήταν υψηλή στη Dill και χαμηλή στις Bouquet, Diana και Tetra. Η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης προκάλεσε ανάλογη αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών στις ποικιλίες Bouquet, Diana και Tetra.

Μεταξύ των ποικιλιών παρατηρήθηκαν μικρές διαφορές στη συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων (Na, Cl, K) στο μάρτυρα τόσο το φθινόπωρο όσο και την άνοιξη. Με την αύξηση της αλατότητας η συγκέντρωση των Cl και Na αυξήθηκε σε όλες τις ποικιλίες

ανεξάρτητα από την εποχή. Σε αντίθεση, η συγκέντρωση του καλίου δεν επηρεάστηκε από την αλατότητα στις ποικιλίες Dukat και Tetra το φθινόπωρο, ενώ στις υπόλοιπες ποικιλίες παρατηρήθηκε μείωση του Κ. Την άνοιξη η συγκέντρωση καλίου δεν επηρεάστηκε από το επίπεδο αλατότητας σε καμία ποικιλία.

Συμπερασματικά καταλήγουμε ότι παρά τις διαφορές μεταξύ των ποικιλιών όσον αφορά στην ανάπτυξή τους και των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών στις δυο εποχές (π.χ. το μεγαλύτερο ύψος των φυτών είχε η Tetra το φθινόπωρο και η Diana ή Dill την άνοιξη) η Dukat είναι μια τυπική ποικιλία άνηθου, με ελάχιστες διαφοροποιήσεις από τις υπόλοιπες όσον αφορά την ανάπτυξη του φυτού και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν, συνεπώς οι μετρήσεις που παρουσιάζονται εδώ και στα άλλα κεφάλαια της διατριβής είναι αντιπροσωπευτικές όχι μόνο της συγκεκριμένης ποικιλίας αλλά γενικότερα στον άνηθο κάτω από τις συνθήκες των πειραμάτων.

Πρωτοτυπία μελέτης

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανασκόπησης της διεθνούς βιβλιογραφίας προκύπτει πρωτοτυπία της παρούσας μελέτης στα ακόλουθα θέματα:

A. Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης

- 1) Η μελέτη της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης στον άνηθο με τη μορφή υδρολίπανσης σε κάθε πότισμα αντί μόνο με τη βασική λίπανση σε δύο εποχές σποράς (άνοιξη και φθινόπωρο). Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται καλύτερος έλεγχος της θρέψης του φυτού, και περισσότερη οικονομία στη χρήση του λιπάσματος.
- 2) Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση της βιταμίνης C, των καροτενοειδών, των φλαβονοειδών και των ολικών φαινολικών στα φύλλα του άνηθου. Αυτές οι αντιοξειδωτικές ουσίες θεωρούνται ωφέλιμες για την ανθρώπινη υγεία και γι' αυτό αποτελούν σημαντικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου.
- 3) Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση των νιτρικών και στο ποσοστό της ξηράς ουσίας σε διάφορα μέρη του φυτού (έλασμα, ανθικό στέλεχος). Επειδή τα νιτρικά θεωρούνται πιθανόν επιβλαβή για την υγεία μας, ο έλεγχος της συγκέντρωσης των στοιχείων αυτών στον άνηθο επίσης σχετίζεται με την ποιότητα του προϊόντος.

B. Επίδραση της αλατότητας

1) Μελέτη της επίδρασης της αυξημένης αλατότητας, σε δύο καλλιεργητικές περιόδους, στα χαρακτηριστικά ανάπτυξης του άνηθου.

2) Η επίδραση της αυξημένης αλατότητας σε δύο καλλιεργητικές περιόδους και σε διάφορα μέρη του φυτού (έλασμα, κορυφή, μίσχος), στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης στον άνηθο.

3) Η επίδραση της αυξημένης αλατότητας σε δύο καλλιεργητικές περιόδους και σε διάφορα μέρη του φυτού (έλασμα, κορυφή, μίσχος) στη συγκέντρωση της βιταμίνης C, των καροτενοειδών, των φλαβονοειδών, των ολικών φαινολικών, το ποσοστό της ξηράς ουσίας και στη συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων (νάτριο, χλώριο, κάλιο, ασβέστιο, μαγνήσιο, σίδηρο, μαγγάνιο και ψευδάργυρος).

Εξαιτίας της αυξημένης συχνότητας της καταπόνησης λόγω αλατότητας στην Ελλάδα και αλλού, γνώση της σχετικής ανθεκτικότητας / ανεκτικότητας του άνηθου στην καταπόνηση αυτή έχει επίπτωση στην παραγωγή και την ποιότητα του προϊόντος.

Γ. Μελέτη της αποθήκευσης

1) Η επίδραση της N-λίπανσης στη συγκέντρωση των καροτενοειδών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης των νωπών φύλλων του άνηθου.

2) Η επίδραση της αυξημένης αλατότητας σε δύο εποχές σποράς καθώς και των συνθηκών αποθήκευσης (διάρκεια και θερμοκρασία) στη συγκέντρωση των καροτενοειδών, στο ποσοστό της ξηράς ουσίας και στη συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων (νιτρικά, χλώριο, νάτριο, κάλιο, ασβέστιο, μαγνήσιο) και των ιχνοστοιχείων (μαγγάνιο, ψευδάργυρος και σίδηρος) μετασυλλεκτικά.

Επειδή ο άνηθος δεν διατηρείται εύκολα στην νωπή του μορφή μετά τη συγκομιδή, οι αλλαγές στα αντιοξειδωτικά και άλλα συστατικά σε σχέση με το χρόνο και τις συνθήκες αποθήκευσης έχουν ιδιαίτερα σημασία για την ποιότητα του προϊόντος.

Δ. Επίδραση της υδατικής καταπόνησης

1) Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στη συγκέντρωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών (βιταμίνη C) και στη συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων (νιτρικά, χλώριο, νάτριο) στα φύλλα του άνηθου την άνοιξη.

Επειδή η καλλιέργεια του άνηθου την άνοιξη μπορεί να συμπίπτει με υψηλές θερμοκρασίες και έλλειψη νερού η διαπίστωση της ανθεκτικότητας / ανεκτικότητας του είδους όσον αφορά στην παραγωγή και την ποιότητα έχουν ιδιαίτερα σημασία για της θερμές περιοχές της Ελλάδας όπως της Αττικής.

Τελικά συμπεράσματα

Επίδραση της N-λίπανσης

Το γενικότερο συμπέρασμα από την παρούσα μελέτη είναι ότι η εφαρμογή 300 ppm N αύξησε την παραγωγή βιομάζας (νωπό βάρος φυτών και αριθμό φύλλων ανά φυτό) και στις δύο εποχές, αλλά το φθινόπωρο είναι πολύ πιο αυξημένη σε σχέση με την άνοιξη λόγω της καθυστέρησης της άνθησης, ενώ παράλληλα η βλαστική ανάπτυξη των φυτών σε υψηλές θερμοκρασίες την άνοιξη είναι φτωχή. Επομένως, η αύξηση του βάρους των φυτών και του αριθμού των φύλλων σημαίνει υψηλότερη παραγωγή, καθώς ο άνηθος πουλιέται σε ματσάκια, άρα αυξημένη παραγωγή κυρίως το φθινόπωρο.

Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου ήταν σημαντική. Η εφαρμογή 300 και 450 ppm N προκάλεσε αύξηση στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης (επομένως έντονο πράσινο χρώμα – σημαντικό χαρακτηριστικό για τη ποιότητα), της βιταμίνη C και των καροτενοειδών, επίσης σημαντικό για την ποιότητα καθώς η αύξηση των αντιοξειδωτικών αυξάνει τη θρεπτική αξία του άνηθου ενώ παράλληλα αντικαθιστά τη μείωση της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών στα 300 και 450 ppm N.

Ενώ στα 300 ppm N το φθινόπωρο η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα και στα στελέχη (με μια εξαίρεση) ήταν κάτω από το όριο ασφαλείας για την ανθρώπινη υγεία (3500-4500 mg kg⁻¹), την άνοιξη ήταν πιο αυξημένη ώστε να είναι κάτω από το όριο ασφαλείας μόνο στα 50 ppm στο 1^ο έτος και τα 50-150 ppm N στο 2^ο έτος. Το % ξηράς ουσίας δεν παρουσίασε συγκεκριμένη σχέση με το επίπεδο N και στις δύο εποχές με εξαίρεση το 1^ο έτος όπου μειώθηκε στα στελέχη στα 300-450 ppm N. Στις περισσότερες περιπτώσεις το % ξηράς ουσίας ήταν υψηλότερο στα φύλλα σε σχέση με τα στελέχη.

Η ισοραμετίνη αποτελεί την κύρια μορφή φλαβονοειδών ουσιών το φθινόπωρο και η κουαρσετίνη την άνοιξη. Το φθινόπωρο οι συγκεντρώσεις των κουαρσετίνη και ισοραμετίνη μειώθηκαν σταδιακά με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης (κάτι που θεωρείται αρνητικό δεδομένου της γνωστής αντιοξειδωτικής τους δράσης), ενώ την άνοιξη μειώθηκαν μόνο στα 450 ppm N. Η συγκέντρωση της καμφερόλης δεν επηρεάστηκε από το επίπεδο του αζώτου και στις δυο εποχές.

Συγκρίνοντας την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ποσοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων διαπιστώνεται αύξηση με την εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης (150-450 ppm N) σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ μεταξύ των διαφόρων επιπέδων N υπήρξε αύξηση το φθινόπωρο στα 450 ppm. Στην ποιοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων το φθινόπωρο, παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης των α-φελλανδρένιο και π-κυμένιο στα 300 και

450 ppm N αντίστοιχα. Την άνοιξη, οι ουσίες α-θουγένιο, β-πινένιο, β-φελλανδρένιο παρουσίασαν μέγιστη συγκέντρωση στα 300 ppm N, και το π-κυμένιο στα 450ppm, ενώ δεν παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση του αζώτου στις αναλογίες των υπόλοιπων συστατικών του αιθέριου ελαίου. Επειδή τα α- και β-φελλανδρένιο αποτελούν σημαντικές ουσίες στη διαμόρφωση του αρώματος του άνηθου η αύξηση στις συγκεντρώσεις τους θεωρείται ιδιαίτερα θετική για την ποιότητα του προϊόντος.

Η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης προκάλεσε μείωση στο pH του υποστρώματος και αύξηση στην ηλεκτρική αγωγιμότητα, ενώ η επίδραση ήταν πιο έντονη το φθινόπωρο λόγω της μεγαλύτερης καλλιεργητικής περιόδου σε σχέση με την άνοιξη.

Επομένως, για μέγιστη παραγωγή άνηθου προτείνεται η εφαρμογή 300 ppm N το φθινόπωρο διότι ακόμη και στην υψηλότερη μεταχείριση η συγκέντρωση των νιτρικών είναι χαμηλότερη από το όριο ασφαλείας για την ανθρωπινή υγεία, ενώ για μείωση της συγκέντρωσης των νιτρικών στα φύλλα την άνοιξη προτείνεται η εφαρμογή 150 ppm N. Παράλληλα, η ποιότητα του άνηθου βελτιώνεται εξαιτίας της αύξησης στη συγκέντρωση χλωροφύλλης (πιο έντονο πράσινο χρώμα στα φύλλα) και των αντιοξειδωτικών (θετικά για την ανθρώπινη υγεία) καθώς και στην αύξηση της περιεκτικότητας των αιθέριων ελαίων σε α-φελλανδρένιο (θετικό για το άρωμα του φυλλώματος).

Επίδραση της αλατότητας

Η αλατότητα μέχρι το επίπεδο των 8 dS m⁻¹ είχε ελάχιστη επίδραση στο ύψος των φυτών, και όπου εμφανίστηκαν διαφορές ήταν εξαιτίας της έναρξης της ανθικής φάσης, ενώ επίσης λόγω άνθησης την άνοιξη τα φυτά ήταν υψηλότερα σε σχέση με το φθινόπωρο. Ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό μειώθηκε με την εφαρμογή αλατότητας 6 και 8 dS m⁻¹, και στις δύο εποχές ενώ το νωπό βάρος των φυτών μειώθηκε στα 8 dS m⁻¹. Η σχέση φύλλων / στελεχών εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης του φυτού. Συνοψίζοντας, από τα πειράματα που αφορούν την επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών για φύλλωμα συμπεραίνουμε ότι ο άνηθος είναι σχετικά ανεκτικός ή ανθεκτικός μέχρι το επίπεδο των 4-6 dS m⁻¹ ενώ στα 8 dS m⁻¹ το φυτό ακόμη αναπτύσσεται αλλά με μειωμένη παραγωγή.

Από την επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης και της βιταμίνης C (είτε δεν επηρεάστηκε είτε αυξήθηκε), τη συγκέντρωση των καροτενοειδών και τη ξηράς ουσίας (είτε δεν επηρεάστηκε είτε μειώθηκε) καθώς και στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών και φλαβονοειδών ουσιών quercitin και kaemferol (αυξήθηκε ή μειώθηκε) ανάλογα με την εποχή και το επίπεδο αλατότητας, διαπιστώνεται ότι γενικά με την παρουσία αλατότητας έως 6 dS m⁻¹ στο νερό άρδευσης η ποιότητα του άνηθου (πράσινο

χρώμα και περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά) είτε αυξάνεται είτε δεν επηρεάζεται. Το φθινόπωρο η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α, β και ολικής, της βιταμίνης C και της ξηράς ουσίας ήταν χαμηλότερη σε σχέση με την άνοιξη ανεξάρτητα από το επίπεδο αλατότητας και το μέρος του φυτού, αποτέλεσμα που υποδηλώνει ότι παρουσία της αλατότητας η ποιότητα του άνθητου στη φθινοπωρινή καλλιέργεια ήταν μικρότερη σε σχέση με την ανοιξιάτικη καλλιέργεια.

Η συγκέντρωση του νατρίου και του χλωρίου ήταν αυξημένη στα 6-8 dS m⁻¹ σε σχέση με τις χαμηλότερες επεμβάσεις και στις περισσότερες περιπτώσεις ήταν υψηλότερη στους μίσχους σε σχέση με το έλασμα και τις κορυφές. Η συγκέντρωση των άλλων στοιχείων είτε μειώθηκε είτε δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας (π.χ. κάλιο, σίδηρος, μαγγάνιο, ψευδάργυρος) ή στην περίπτωση του ασβεστίου και του μαγνησίου είτε μειώθηκε (στο μίσχο), είτε αυξήθηκε (στο έλασμα) είτε δεν επηρεάστηκε (στις κορυφές). Δηλαδή, συνολικά η αλατότητα προκαλεί κάποιες αλλαγές στην περιεκτικότητα των εναέριων ιστών σε ανόργανα στοιχεία αλλά όχι σε βαθμό που δημιουργούνται κάποια ορατά συμπτώματα τροφοπενίας ή τοξικότητας ώστε να μειωθεί η ποιότητα του προϊόντος.

Η απόδοση των αιθέριων ελαίων στο έλασμα του άνθητου το φθινόπωρο δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της αλατότητας, ενώ στα άνθη, στους καρπούς και στους σπόρους παρατηρήθηκε αύξηση με την εφαρμογή της αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα. Η ποιοτική ανάλυση των αιθέριων ελαίων στο έλασμα έδειξε ότι οι ουσίες α θυογέλιο, α πινένιο, β πινένιο, β μυρκένιο και α φελλανδρέλιο αυξήθηκαν στις μεταχειρίσεις 4 και 6 dS m⁻¹, ενώ το ανηθοφουράνιο μειώθηκε στις μεταχειρίσεις 4 και 6 dS m⁻¹. Επειδή το α φελλανδρέλιο και το ανηθοφουράνιο είναι βασικές ουσίες για το άρωμα του άνθητου είναι σημαντικό το γεγονός ότι με τη μείωση της μίας (ανηθοφουράνιο) αυξάνεται η άλλη (α φελλανδρέλιο). Αντίθετα, στα άνθη η αύξηση της αλατότητας στα 4 και 6 dS m⁻¹ προκάλεσε μείωση της συγκέντρωσης των ουσιών α-πινένιο, α-φελλανδρέλιο και ανηθοφουράνιο αλλά αύξηση της καρβόνης, μια σημαντική ουσία για την οποία γίνεται η καλλιέργεια του άνθητου για σπόρο. Γενικά στους ώριμους καρπούς και τους σπόρους οι αλλαγές στις σχετικές συγκεντρώσεις των συστατικών του αιθέριου ελαίου ανάλογα με την αλατότητα ήταν περιορισμένες, ενώ η αύξηση της ποσότητας ήταν σημαντική σε περίπτωση καλλιέργειας άνθητου για σπόρο.

Σαν γενικό συμπέρασμα όμως, καταλήγουμε ότι ο άνθητος είναι ανθεκτικό φυτό στην υψηλή αλατότητα, και αναπτύσσεται πολύ καλά με άριστα ποιοτικά χαρακτηριστικά μέχρι και τη μεταχείριση των 6 dS m⁻¹.

Αποθήκευση

Από τη μελέτη της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης στον άνηθο μετά τη συγκομιδή συμπεράναμε ότι η αποθήκευση σε πλαστικό φιλμ τύπου “Cling” δεν ήταν εμπορικά αποδεκτή καθώς η απώλεια βάρους ήταν πολύ υψηλή. Σε αντίθεση, η συσκευασία σε αδιαπέραστο πλαστικό ήταν αποδεκτή καθώς ο ρυθμός απώλειας βάρους μειώθηκε σημαντικά. Η απώλεια βάρους δεν επηρεάστηκε από την αζωτούχο λίπανση, την εποχή σποράς ή τα διάφορα επίπεδα αλατότητας.

Η σύνθεση της ατμόσφαιρας στις συσκευασίες με “Cling” film δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τις συνθήκες αποθήκευσης ή από το επίπεδο αζωτούχου λίπανσης πριν τη συγκομιδή. Αντίθετα, στη συσκευασία σε αδιαπέραστο πλαστικό, τόσο στο πείραμα του αζώτου όσο και της αλατότητας, το φθινόπωρο το O₂ μειώθηκε σταδιακά, με παράλληλη αύξηση του CO₂. Για την αποφυγή της αναεροβίωσης τη 2^η εβδομάδα της αποθήκευσης χρειάστηκε περιορισμός του αριθμού φύλλων σε σχέση με το εσωτερικό όγκο της συσκευασίας. Γενικά το επίπεδο της N-λίπανσης δεν επηρέασε την αλλαγή της ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία, ενώ η αλατότητα δεν επηρέασε τη συγκέντρωση O₂ ή CO₂ με εξαίρεση το 3^ο έτος τη 2^η εβδομάδα, όπου στους 7°C στο S4 παρατηρήθηκε μικρότερη μείωση του O₂ και αύξηση του CO₂, πιθανόν εξαιτίας της μείωσης του ρυθμού αναπνοής.

Σε μεγάλο βαθμό η διαφοροποίηση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του άνηθου που ανιχνεύτηκε στο στάδιο συγκομιδής εξαιτίας της N-λίπανσης ή της αλατότητας διατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, ενώ η θερμοκρασία και η διάρκεια της αποθήκευσης είχαν μεγαλύτερη επίδραση, π.χ. στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης, δηλαδή στην ένταση του πράσινου χρώματος, όπως και στα καροτενοειδή.

Αλλαγές στις συγκεντρώσεις των άλλων συστατικών του άνηθου επίσης σχετίζονταν περισσότερο με τη θερμοκρασία και τη διάρκεια της αποθήκευσης καθώς και με την εποχή της καλλιέργειας. Στις περισσότερες περιπτώσεις η συγκέντρωση της βιταμίνης C μειώθηκε μετά την αποθήκευση, αλλά η αύξηση της συγκέντρωσης της βιταμίνης C (π.χ. στα 300 και 450 ppm N) θεωρείται θετική για την ποιότητα ενώ η μείωση (π.χ. στους 10°C) είναι αρνητική. Ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις η συγκέντρωση της βιταμίνης C μειώθηκε μετά την αποθήκευση, ο βαθμός απώλειας δεν φαίνεται να σχετίζεται με το επίπεδο αλατότητας. Παράλληλα, η αρνητική επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και της αλατότητας που παρατηρήθηκε στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών το φθινόπωρο δεν φάνηκε την άνοιξη. Άρα οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες αυτές στον άνηθο διατηρούνται καλύτερα την άνοιξη παρά το φθινόπωρο. Γενικά όμως, τα οφέλη από τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες του

άνηθου μειώνονται όσο αυξάνεται η διάρκεια και η θερμοκρασία αποθήκευσης, ανεξάρτητα από τη μεταχείριση αζώτου ή αλατότητας που εφαρμόστηκε.

Η συγκέντρωση των νιτρικών σε φύλλα συσκευασμένα σε αδιαπέραστο πλαστικό επηρεάστηκε κυρίως από την N-λίπανση στο στάδιο συγκομιδής και λιγότερα από τη θερμοκρασία και διάρκεια αποθήκευσης και στις δυο εποχές. Επίσης σε γενικές γραμμές, η συγκέντρωση του χλωρίου, νατρίου και καλίου που υπήρξε στο στάδιο συγκομιδής διατηρήθηκε σε παρόμοιο επίπεδο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η συγκέντρωση του ασβεστίου και του μαγνησίου μειώθηκε στους 2°C στα χαμηλά επίπεδα αλατότητας (S0, S1) σε σχέση με την αρχική τιμή και σε σχέση με τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν στους 7°C. Τα ιχνοστοιχεία (μαγγάνιο, ψευδάργυρος και σίδηρο) αυξήθηκαν στις μεταχειρίσεις S0 και S1, ενώ μειώθηκαν στο S3. Δηλαδή, η περιεκτικότητα του άνηθου σε ανόργανα στοιχεία δεν άλλαξε ουσιαστικά μετά την αποθήκευση (με εξαίρεση ορισμένα ιχνοστοιχεία).

Συμπερασματικά, ο άνηθος είναι πολύ ευαίσθητο φυτό μετασυλλεκτικά και συντηρείται καλύτερα στους 2°C, μέχρι και δύο εβδομάδες, σε συσκευασία όμως που να μην επιτρέπει την απώλεια νερού και να διατηρεί τη σχετική υγρασία υψηλή. Είναι πολύ σημαντικό η φυτική μάζα (π.χ. ο αριθμός φύλλων) να περιοριστεί σε σχέση με το εσωτερικό όγκο της συσκευασίας ώστε να αποφευχθεί η πιθανότητα αναεροβίωσης εξαιτίας του υψηλού ρυθμού αναπνοής των φύλλων. Γενικά, η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και της αλατότητας μετά την αποθήκευση στη παραγωγή και τα ποιοτικά – αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά του άνηθου είναι είτε μηδενική είτε πολύ περιορισμένη.

Επίδραση της υδατικής καταπόνησης

Η υδατική καταπόνηση την άνοιξη περιόρισε ακόμη περισσότερο την ανάπτυξη του φυτού μειώνοντας τόσο τον αριθμό των φύλλων ανά φυτό όσο και το βάρος των φυτών και των φύλλων, ενώ το ύψος των φυτών και το βάρος των στελεχών μειώθηκε μόνο στο πρώτο έτος. Δηλαδή τα φυτά ήταν πιο λεπτά και μικρά όσο αυξανόταν η υδατική καταπόνηση.

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στο 1^ο έτος αυξήθηκε σημαντικά στο επίπεδο WS 40 σε σχέση με το μάρτυρα (WS 20) και το υψηλό επίπεδο καταπόνησης (WS 60), ενώ στο 2^ο έτος δεν επηρεάστηκε σημαντικά. Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης δεν ήταν σημαντική στη συγκέντρωση των καροτενοειδών, της βιταμίνης C και των ολικών φαινολικών. Δηλαδή, η υδατική καταπόνηση ή δεν επηρέασε ή αύξησε το πράσινο χρώμα των φύλλων χωρίς να επηρεάσει την περιεκτικότητά του σε αντιοξειδωτικά.

Η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα αυξήθηκε στα επίπεδα WS 40 και WS 60 σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ στα στελέχη η αύξηση ήταν σημαντική μόνο στο επίπεδο WS 60.

Σε αντίθεση, η συγκέντρωση του χλωρίου και του νατρίου μειώθηκε με την εφαρμογή της υδατικής καταπόνησης στα φύλλα, όπως και η συγκέντρωση του καλίου στα φύλλα (στο επίπεδο WS 60), ενώ στα στελέχη αυξήθηκε στο επίπεδο WS 40.

Επομένως, ο άνηθος δεν φαίνεται να είναι ανθεκτικό φυτό στην υδατική καταπόνηση, (μειωμένη παραγωγή) γεγονός που επιδεινώνεται με αυξημένη θερμοκρασία. Από την άλλη όμως, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (χρώμα και περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά) δεν επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό, με εξαίρεση την αύξηση των νιτρικών που θεωρείται μειονέκτημα.

Σύγκριση ποικιλιών

Κατά τη σύγκριση της επίδρασης της N-λίπανσης και της αλατότητας σε πέντε ποικιλίες άνηθου (Bouquet, Diana, Dill, Dukat, Tetra) συμπεραίνεται ότι ενώ οι ποικιλίες διέφεραν μεταξύ τους στην ανάπτυξη και τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά στις δυο εποχές, η ανταπόκρισή τους στην N-λίπανση και στην αλατότητα ήταν γενικά όμοια.

Βιβλιογραφία

- Abbaszadeh, B., Sharifi Ashoorabadi, E., Ardakani, M.R. and Aliabadi, F.H. 2008. Effect of drought stress on quantitative and qualitative of mint. Abstracts Book of 5th International Crop Science Congress and Exhibition. Korea. p. 23.
- Abd El-Kafie, A. and Omaima, M. 1995. Effect of salinity and cycocel on *Salvia officinalis* L. J. Agric. Sci. Mansoura Univ. 20: 377-385.
- Abd El-Wahab, M.A. 2006. The efficiency of using saline and fresh water irrigation as alternating methods of irrigation on the productivity of *Foeniculum vulgare* Mill subsp. *vulgare* var. *vulgare* under North Sinai conditions. Res. J. Agric. and Biol. Sci. 2(6): 571-577.
- Abdallah, S.B., Rabhi, M., Harbaoui, F., Zar-kalai, F., Lachaal, M. and Karray-Bouraoui, N. 2013. Distribution of phenolic compounds and antioxidant activity between young and old leaves of *Carthamus tinctorius* L. and their induction by salt stress. Acta Physiol. Plant. 35: 1161-1169.
- Abou El-Magd, M.M., Zaki, M.F. and Abou-Hussein, S.D. 2008. Effect of organic manure and different levels of saline irrigation water on growth, green yield and chemical content of Sweet Fennel. Austr. J. Basic and Appl. Sci. 2 (1): 90-98.
- Agastian, P., Kingsley, S.J. and Vivekanandan, M. 2000. Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. Photosynthetica. 38 (2): 287-290.
- Aharoni, N., Dvir, O., Chalupowicz, D. and Aharon, Z. 1993. Coping with postharvest physiology of fresh culinary herbs. Acta Hort (ISHS). 344: 69-78.
- Aires, A., Rosa, E. and Carvalho, R. 2006. Effect of nitrogen and sulfur fertilization on glucosinolates in the leaves and roots of broccoli sprouts (*Brassica oleracea* var. *italica*). J. Sci. Food Agric. 86 (10): 1512–1516.
- Akbarinia, A., Jahanfar, D. and Beygifarзад, M. 2007. Effect of nitrogen fertilizer and plant density on seed yield, essential oil and fixed oil content of *Coriandrum sativum* L. Int J. Med. Arom. Plants. 22 (34): 410-419.
- Albrecht, J.A., Schafer, H.W. and Zottola, E.A. 1990. Relationship of total sulfur to initial and retained ascorbic acid in selected cruciferous and noncruciferous vegetables. J. Food Sci. 55 (1): 181–183.
- Aliabadi, F.H., Valadabadi, S.A., Daneshian, J., and Khalvati, M.A. 2009. Evaluation changing of essential oil of balm (*Melissa officinalis* L.) under water deficit stress conditions. J. Med. Plant Res. 3 (5): 329–333.
- Amer, K.F. 1994. Effect of different levels of salinity on the growth and volatile oil constituents of *Anethum graveolens* L. Egypt. J. Appl. Sci. 9: 151-165.
- Amine, I.S., Hanafy, M.S., Khadiga, F.A. and Boselah, N.A.E. 1994. Effect of diluted sea water on growth, yield, essential oil productivity and chemical composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) plants. Egypt. J. Appl. Sci. 9: 81-97.
- Amirjani, M.R. 2010. Effects of salinity stress on growth, mineral composition, proline content, antioxidant enzymes of soybean. Am. J. Physiol. 5 (6): 350-360.

- Amr, A., and Hadidi, N. 2001. Effect of cultivar and harvest date on nitrate and nitrite content of selected vegetables grown under open field and green house conditions in Jordan. *J. Food Comp. and Anal.* 14 (1): 59-67.
- Antonopoulos, A., Karapanos, I.C., Petropoulos, S.A. and Passam, H.C. 2014. The effect of two levels of ammonium nitrate application on the yield of plain-leaf, curly-leaf and turnip-rooted parsley and the quality and essential oil composition of the leaves before and after storage in a partially dehydrated form. *Anal. Univ. din Oradea, Fascicula Biologie.* 21, (2): 65-69.
- Arganosa, G.C., Sosulski, F.W. and Silkard, A.E. 1998. Seed yield and essential oil of northern-grown coriander (*Coriandrum sativum* L.). *J. Herbs, Spices and Med. Plants.* 6(2): 23-32.
- Arnon, D.I. (1949). Copper enzyme in isolated chloroplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 24 (1): 1-15.
- Arora, S. and Srinivas, P. 2002. Chiral analyses of major flavor-impact constituents of cardamom and dill oils. *J. Med. Arom. Plant Sc.* 24: 376–380.
- Ashraf, M. and Akhtar, N. 2004. Influence of salt stress on growth, ion accumulation and seed oil content in sweet fennel. *Biol. Plant.* 48 (3): 461-464.
- Ashraf, M., Ali, Q. and Iqbal, Z. 2006. Effect of nitrogen application rate on the content and composition of oil, essential oil and minerals in black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds. *J. Sci. Food Agric.* 86 (6): 871-876.
- Ashraf, M., and Ali, Q. 2008. Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). *Environ. Exp. Bot.* 63 (1-3): 266-273.
- Azhar, N., Hussain. B., Ashraf, M.Y. and Abbasi, K.Y. 2011. Water stress mediated changes in growth, physiology and secondary metabolites of Desi Ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). *Pak. J. Bot.* 43: 15-19.
- Bagari, S., Singh, P.P., Naruka, I.S., Rathore, S.S. and Shaktawat, R.P.S. 2010. Effect of date of sowing and nitrogen levels on growth, yield and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Indian J. Hort.* 64 (4): 518-524.
- Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbanli, M. and Rezaii, M.B. 2002. The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. *Flav. and Fragr. Jour.* 17 (4):275-277.
- Bahramikia, S. and Yazdanparast, R. 2007. Improvement of liver antioxidant status in hypercholesterolemia rats treated with *Anethum graveolens* extracts. *Pharmacologyonline.* 3: 119-132.
- Bailer, J., Aichinger, T., Hackl, G., Heuber, G. and Dachler, M. 2001. Essential oil content and composition in commercially available dill cultivars in comparison to caraway. *Indust. Crops and Prod.* 14 (3): 229–239.
- Bajaj, K.L. and Kaur, G. 1981. Spectrophotometric determination of L-ascorbic acid in vegetables and fruits. *Analyst.* 106 (1): 117–120.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. and Idaomar, M. 2008. Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chem. Toxicol.* 46 (2): 446-475.

- Barker, A.V., Peck, N.H. and MacDonal, G.E. 1971. Nitrate accumulation in vegetables. I. Spinach grown in upland soils. *Agron. J.* 63 (1): 126-129.
- Bernstein, L. and Hayward, H.E. 1958. Physiology of salt tolerance. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 9: 25-46.
- Bist, L.D., Kewalanand, Pandey, C.S. and Singh, S. 2000. Effect of planting geometry and N levels on growth, yield and quality of European dill (*Anethum graveolens* Linn.). *Indian J. Hort.* 57 (4): 351–355.
- Blom-Zandstra, M. 1989. Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. *Annals Appl. Biol.* 115 (3): 553-561.
- Boink, A. and Speijers, G., 2001. Health effects of nitrates and nitrites, a review. *Acta Hort. (ISHS)*. 563: 29-36
- Bongue-Bartelsman, M. and Phillips, D.A. 1995. Nitrogen stress regulates gene expression of enzymes in the flavonoid biosynthetic pathway of tomato. *Plant Phys. Biochem.* 33 (5): 539–546.
- Bourgou, S., Ksouri, R., Bellila, A., Skandrani, I., Falleh, H. and Marzouk, B. 2008. Phenolic composition and biological activities of Tunisian *Nigella sativa* L. shoots and roots. *C. R. Biol.* 331 (1): 48-55.
- Broadley, M.R., Willey, N.J., Wilkins, J.C., Baker, A.J.M., Mead, A. and White, P.J. 2001. Phylogenetic variation in heavy metal accumulation in angiosperms. *New Phytol.* 152 (1): 9-27.
- Buishand, T., Houwing, P. H. and Jansen, K. 1986. The complete book of vegetables. Admiral Books. London.
- Bunea, A., Andjelkovic, M., Socaciu, C., Bobis, O., Neacsu, M., Verhé, R. and Van Camp, J. 2008. Total and individual carotenoids and phenolic acids content in fresh, refrigerated and processed spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Food Chem.* 108 (2): 649–656.
- Callan, N.W., Johnson, D.L., Westcott, M.P. and Welty, L.E., 2007. Herb and oil composition of dill *Anethum graveolens* L. Effect of crop maturity and plant density. *Ind. Crops and Products.* 25 (3): 282–287.
- Cantliffe, D.J. 1972. Nitrate accumulation in spinach cultivars and plant introductions. *Can. J. Plant Sci.* 53 (2): 365-367.
- Cantliffe, D.J. 1973. Nitrate accumulation in table beets and spinach as affected by nitrogen, phosphorous, and potassium nutrition and light intensity. *Agron. J.* 65 (4): 563-565.
- Cantwell, M. I., and Reid, M. S. 1993. Postharvest physiology and handling of fresh culinary herbs. *J. Herbs Spices and Med. Plants.* 1 (3): 83-127.
- Carruba, A., Torre, R., Saiano, F. and Aiello, P. 2008. Sustainable production of fennel and dill by intercropping. *Agro. Sustain. Dev.* 28: 247-256.
- Cataldo, DA., Haroon, LE., Schrader, LE. and Youngs, VL. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissues by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Sci. and Plant Anal.* 6(1): 71-80.

- Catunescu, G.M., Tofana, M., Muresan, C., Ranga, F., David, A., and Muntean, M. 2012. The effect of cold storage on some quality characteristics of minimally processed parsley (*Petroselinum crispum*), dill (*Anethum graveolens*) and lovage (*Levisticum officinale*). Bull. UASVM Agric. 69 (2): 213-221.
- Charles, D.J., Simon, J.E. and Widrlechner, M.P. 1995. Characterization of essential oil of dill (*Anethum graveolens* L.). J. Essential Oil Res. 7 (1): 11-20.
- Chatzopoulou, P., Koutsos, T.V. and Katsiotis, S.T. 2008. Study of nitrogen fertilization rate on fennel cultivars for essential oil yield and composition. J. Veg. Sci. 12 (2): 85-93.
- Chaubey, M.K. 2007. Insecticidal activity of *Trachyspermum ammi* (Umbelliferae), *Anethum graveolens* (Umbelliferae) and *Nigella ssativa* (Ranunculaceae) essential oils against stored-product beetle *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). Afric. J. Agri. Res. 2 (11): 596-600.
- Chaurasia, S. C. and Jain, P. C. 1978. Antibacterial activity of essential oils of four medicinal plants. Indian J. Hosp. Pharm. 15 (6): 166-168.
- Chenard, C. H., Kopsell, D.A. and Kopsell, D.E. 2005. Nitrogen concentration affects nutrient and carotenoid accumulation in parsley. J. Plant Nutr. 28 (2): 285-297.
- Chu, Y.H., Chang, C.L. and Hsu, H.F. 2000. Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. J. Sci. Food Agric. 80 (5): 561–566.
- Chung, J.C., Chou, S.S. and Hwang, D.F. 2004. Changes in nitrate and nitrite content of four vegetables during storage at refrigerated and ambient temperatures. Food Addit. Contam. 21 (4): 317–322.
- Çiçek, N. and Çakırlar, H. 2002. The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. Bulg. J. Plant Physiol. 28 (1-2): 66–74.
- Copeland, L.O. and McDonald, M.B. 2001. Principle of Seed Science and Technology. In: 4th, Kluwer academic publishers, Massachusetts. U.S.A. p488.
- Coronel, V.O., Anzaldo, F.E. and Recana, M.P. 1984. Effect of moisture content on the essential oil yield of lemon grass and citronella. NSTA Tech. J. 9 (3): 26-28.
- Dawh, K.A., Omer, E.A. and Rashed, E.M. 1998. Yield of leaves and oil of *Tagetes erecta* as affected by salinity and growth regulators. Egypt J. Hort. 25 (2): 145-165.
- Delaquis, P.J., Stanich, K., Girard, B. and Mazza, G. 2002. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. Int. J. Food Microbiol. 74 (1-2): 101-109.
- Duke, J.A. 2001. Handbook of medicinal herbs. London: CRC Press: p. 42
- Duke, J.A. and Ayensu, E.S. 1987. Medicinal plants of China. J. Botan. Taxonomy Geobot. Feddes Repertorium. 98 (7-8): 398.
- Eaton, A.D., Clesceri L.S. and Greenberg, A.E. 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. Am. Public Health Assoc. Washington. USA.

- Elia, A., Santamaria, P. and Serio, F. 1998. Nitrogen nutrition, yield and quality of spinach. *J. Sci. Food Agr.* 76 (3): 341-346.
- El-keltawi, N.E. and Croteau, R. 1987. Influence of foliar applied cytokinins on growth and essential oil content of several members of the lamiaceae. *Phytochem.* 26 (4): 891–895.
- Ell-Dinn, A.A.E, Aziz, E.E., Hendawy, S.F. and Omer, E.A. 2009. Response of *Thymus vulgaris* L. to salt stress and alar (B₉) in newly reclaimed soil. *J. Appl. Sci. Res.* 5 (12): 2165–2170.
- Embong, M.B., Hadziyev, D. and Molnar, S. 1977. Essential oils from spices grown in Alberta. Dill seed oil, *Anethum graveolens* L. (Umbelliferae). *Can. Inst. Food Sc. Tech. J.* 10 (3): 208–214.
- Ezell, D. and Wilcox, M.S. 1959. Vegetable vitamins, loss of vitamin C in fresh vegetables as related to wilting and temperature. *J. Agric. Food Chem.* 7 (7): 507–509.
- Farag, R.S., Daw, Z.Y. and Abo-Raya, S.H. 1989. Influence of some spice essential oils on *Aspergillus parasiticus* growth and production of aflatoxin in a synthetic medium. *J. Food Sci.* 54: 74-77.
- Fhickiger, W., Braun, S. and Leonardi, S. 1989. Nhrstoffentwicklung im Buchenlaub in verschiedenen Waldbeständen der Nordwestschweiz und im Schweiz. Mittelland und mögliche Folgen für einen veränderten Parasitenbefall. *Bielefelder Gkol. Beitr.* 5: 49-62.
- Fleming, T. 2000. PDR for herbal medicines. New Jersey: Medicinal Economics Company. p. 252.
- Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G. and Sharkey, T.D. 2004. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C₃ plants. *Pl. Biol.* 6 (3): 269-279.
- Ford, C.W. and Wilson, J.R. 1981. Changes in levels of solutes during osmotic adjustment to water stress in leaves of four tropical pasture species. *Austr. J. Plant Physiol.* 8 (1): 77-91.
- Freyman, S., Toivonen, P.M., Lin, W.C., Perrin, P.W. and Hall, J.W. 1991. Effect of nitrogen fertilization on yield, storage losses and chemical composition of winter cabbage. *Can. J. Plant Sci.* 71 (3): 943–946.
- Fritschi, F.B. and Ray, J.D. 2007. Genotypic variation in soybean chlorophyll content, a/b ratio and leaf N. *Photosynthetica.* 45: 92-98.
- Garrabrants, N.L. and Craker, L.E. 1987. Optimizing field production of dill. *Acta Hort. (ISHS): Medicinal and Aromatic Plants.* 208: 69-72.
- Ghassemi-Golezani, K., Andalibi, B., Zehtab-Salmasi, S. and Saba, J. 2008. Effects of water stress during vegetative and reproductive stages on seed yield and essential oil content of dill (*Anethum graveolens* L.). *J. Food. Agric. Env.* 6 (3,4): 282-284.
- Ghassemi-Golezani, K., Zehtab-Salmasi, S. and Dastborhan, S. 2011. Changes in essential oil content of dill (*Anethum graveolens*) organs under salinity stress. *J. Medic. Plants Res.* 5 (14): 3142-3145.
- Gomaa, A.O. and Abou-Aly, H.E. 2001. Efficiency of biofertilization in the presence of both inorganic and organic fertilizers on growth, yield and chemical constituents of anise plant

- (*Pimpinella anisum* L.). Proc. of the 5th Arabian Hort. Conf. Ismailia, Egypt, March. 24-28, 2001. pp. 73-80.
- Graifenberg, A., Botrini, L., Giustiniani, L. and Lipucci di Paola, M. 1996. Salinity affects growth, yield and elemental concentration of fennel. HortSci. 31: 1131-1134.
- Gray, D., LeVanseler, K. and Pan, M. 2005. Determination of flavonol aglycones in Ginkgo biloba dietary supplement crude materials and finished products by high-performance liquid chromatography: single laboratory validation. J. AOAC International. 88: 692-702.
- Grierson, W. and Wardowski, W.F. 1978. Relative humidity effects on the postharvest life of fruits and vegetables. HortSci. 13: 570-574.
- Gupta, R. 2001. Handbook of Herbs and Spices. Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington, Cambridge, CB21 6AH, England. Vol. 1. pp. 173 -179.
- Gururaja Rao, G., Nayak, A.K. and Chinchmalatpure, A.R. 200. Growth and yield of dill (*Anethum graveolens* L.) on saline black soils of different unirrigated farm sites of Bhal area in Gujarat State. Indian J. Agric. Sci. 71 (11): 712-714.
- Guzman, C.C. and Siemonsma, J.S. 1999. Plant resources of South-East Asia, No.13. Spices, Backhuys Publisher, Leiden, The Netherlands. pp. 71-74.
- Haddad, C.R.B. and Mazzafera, P. 1999. Sodium Chloride-Induced leaf senescence in *Hydrocotyle bonariensis* Lan. and *Foeniculum vulgare* L. Braz. Arch. Biol. Technol. 42 (2): 161-168.
- Haghshenas, J. and Eskandari, M. 2011. Growth parameters and essential oil percentage changes of dill (*Anethum graveolens*) as affected by drought stress and use of 28-homobrassinolide. Plant Ecophys. (Arsanjan Branch). 3 (9): 29 - 41.
- Hajar, M.A., Zidan, H.A. and Sahrani, A.S. 1996. Effect of salinity stress on germination, growth and some physiological activities of black cumim *Nigella sativa* L. Arab Gulf. J. Scient. Res. 14 (2): 445-454.
- Hajimehdipoor, H., Adib, N., Khanavi, M., Mobli, M., Amin, G.R. and Hamzeloo Moghadam, M. 2012. Comparative study on the effect of different methods of drying on phenolics content and antioxidant activity of some edible plants. I.J.P.S.R. 3 (10): 3712-3716.
- Hale, M.G. and Orcutt, D.M. 1987. The physiology of plants under stress. Wiley- Interscience, New York. p. 206.
- Hälvä, S. and Puukka, L., 1987. Studies on fertilization of dill (*Anethum graveolens* L.) and basil (*Ocimum basilicum* L.). I. Herb yield of dill and basil affected by fertilization. J. Agric. Sci. Fin. 59: 11-17.
- Hamada, A.M. and El-Enany, A.E. 1994. Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. Biol. Plant. 36: 75-81.
- Hanen, F., Ksouri, R., Megdiche, W., Trabelsi, N., Boulaaba, M. and Abdelly, C., 2008. Effect of salinity on growth, leaf phenolic content and antioxidant scavenging activity in *Cynara cardunculus* L. In: biosaline agriculture and high salinity tolerance. Abdelli, C., Ozturk, M., Ashraf, M., Grignon, Y.C., (Eds.). Birkhauser Verlag, Switzerland, pp: 335-343.

- Hassan, F. 2009. Response of *Hibiscus sabdariffa* L. plant to some biofertilization treatments. *Annals Agric. Sci. Ain Shams Univ. Cairo.* 54 (2): 437 – 446.
- Hellal, F. A., Mahfouz, S. A. and Hassan, F. A. S. 2011. Partial substitution of mineral nitrogen fertilizer by bio-fertilizer on (*Anethum graveolens* L.) plant. *Agric. Biol. J. N. Am.* 2 (4): 652-660.
- Hemphill, I. 2000. *The spice and herb bible: a cook's guide.* Ontario, Canada: Robert Rose, Inc.
- Heuer, B., Plaut, Z. and Velyn Federman, E. 1979. Nitrate and nitrite reduction in wheat leaves as affected by different types of water stress. *Physiol. Plantarum.* 46 (4): 318–323.
- Hill, M. and Gwen, B. 1987. *Southern herb growing.* Fredricksburg, Texas: Shearer Publishing.
- Hochmuth, G.J. 2000. Nitrogen management practices for vegetables in Florida. *Fla. Agric. Exp. Sta. Cir. No. 1222.* Gainesville, FL.
- Hornok, L. 1980. Effect of nutrition supply on yield of dill (*Anethum graveolens* L.) and the essential oil content. *Acta Hort. (ISHS). Medicinal and aromatic plants.*96: 337-342.
- Hornok, L. 1992. *Cultivation and processing of medicinal plants.* Academic Pub. p. 338.
- Hornok, L., 1983. Influence of nutrition on the yield and content of active compounds in some essential oil plants. *Acta Hort. (ISHS).* 132: 239-247.
- Horst, W.J., Kamh, M., Jibrin, J.M. and Chude, V.O. 2001. Agronomic measures for increasing P availability to crops. *Plant Soil.* 237: 211–223.
- Hosseinzadeh, H., Karimi, G.R. and Ameri, M. 2002. Effects of *Anethum graveolens* L. seed extracts on experimental gastric irritation models in mice. *BMC Pharmacol.* 2: 21-25.
- Howard, L.A., Wong, A.D., Perry, A.K., Klein, B.P., 1999. Beta-carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables. *J. Food Sci.* 64 (5): 929-936.
- Huopalahti, R. and Linko R.R. 1983. Composition and content of aroma compounds in dill, *Anethum graveolens* L., at three different growth stages. *Agric. Food Chem.* 31 (2): 331–333.
- Ibrahim, M.H., Jaafar, H.Z., Rahmat, A. and Rahman, Z.A. 2012. Involvement of nitrogen on flavonoids, glutathione, anthocyanin, ascorbic acid and antioxidant activities of Malaysian medicinal plant *Labisia pumila* Blume (Kacip Fatimah). *Int. J. Mol. Sci.* 13 (1): 393-408.
- Jacobson, L. and Oertli, J.J. 1956. The relation between iron and chlorophyll contents of chlorotic sunflower leaves. *Plant Physiol.* 31 (3): 199-204.
- Jaworska, G. 2005. Content of nitrates, nitrites, and oxalates in New Zealand spinach. *Food Chem.* 89: 235-242.
- Jirovetz, L., Buchbauer, G., Stoyanova, A.S., Georgiev, E.V. and Damianova, S.T. 2003. Composition, quality control, and antimicrobial activity of the essential oil of long-time stored dill (*Anethum graveolens* L.) seeds from Bulgaria. *J. Agric. Food Chem.* 51 (13): 3854–3857.
- Kader, A.A. 1985. An overview of the physiological and biochemical basis of controlled atmosphere effects on fresh horticultural crops. In: *Controlled Atmospheres for Storage and*

Transport of Perishable Agricultural Commodities, S.M. Blankenship (Ed.), Hort. Report 126, North Carolina State Univ.

- Kan, I. 2008. Yield quality and irrigation with saline water under environmental limitations: The case of processing tomatoes in California. *Agric. Econ.* 38 (1): 57-66.
- Kandeel, Y.M., Menesy, F.A., Khalafalla, M.M. and Gad, W.M. 2004. Effect of some commercial biofertilizers on growth, seed, volatile oil yield and chemical composition of *Anethum graveolens* L. *J. Agric. Res. Tanta Univ.* 30 (3): 721-737.
- Karray-Bouraoui, N., Ksouri, R., Falleh, H., Rabhi, M., Abdul Jaleel, C., Grignon, C., and Lachaal, M. 2010. Effects of environment and development stage on phenolic content and antioxidant activities of *Mentha pulegium* L. *J. of Food Biochem.* 34 (s1): 79-89.
- Kaur, G.J. and Arora, D.S. 2007. Antibacterial activity of some Indian medicinal plants. *J. Nat. Med.* 61 (3): 313-317.
- Kaur, G.J. and Arora, D.S. 2009. Antibacterial and phytochemical screening of *Anethum graveolens*, *Foeniculum vulgare* and *Trachyspermum ammi*. *Complem. Alter. Medicine.* 9: 30-40.
- Kaur, G.J. and Arora, D.S. 2010. Bioactive potential of *Anethum graveolens*, *Foeniculum vulgare* and *Trachyspermum ammi* belonging to the family Umbelliferae - Current status. *J. Med. Plant Res.* 4: 87-94.
- Kewalanand., Pandey, C.S., Bisht, L.D. and Singh, S. 2001. Influence of stage of umbel harvesting and nitrogen levels on European dill (*Anethum graveolens*). *J. Med. Arom. Plants Sci.* 23 (3): 361-364.
- Khalid, K.A. 1996. Effect of fertilization on the growth, yield and chemical composition of some medicinal umbelliferous Plant. (M.Sc. Thesis) Faculty of Agriculture Al-Azhar University Cairo Egypt.
- Khalid, K.A. 2001. Physiological studies on the growth and chemical composition of *Nigella sativa* L. plants. (Ph.D. Dissertation). Faculty of Agriculture Ain-Shams Univ Cairo Egypt.
- Khalid, K.A. 2013. Effect of nitrogen fertilization on morphological and biochemical traits of some Apiaceae crops under arid region conditions in Egypt. *Biosci.* 5 (1): 15-21.
- Khan, M.M.A., Samiullah Afaq, S.H. and Afridi, M.M.R.K. 1992. Yield and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in relation to basal and foliar application of nitrogen and phosphorus. *J. Plant Nutr.* 15 (11): 2505-2515.
- Kim, H.J, Fonseca, J.M., Choi, J.H., Kubota, C. and Kwon, D.Y. 2008. Salt in irrigation water affects the nutritional and visual properties of Romaine Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *J. Agric. Food Chem.* 56 (10): 3772-3776.
- Kirk, J.T.O. and Allen, R.L. 1965. Dependence of chloroplast pigment synthesis on protein synthesis: Effect of actidione. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 21 (6): 523-530.
- Kirtikar, K.P. and Basu, B.D. 1987. *Indian Medicinal Plants*. 2nd ed. Vol 2. Allahabad. International Book Distributors. p. 1219.

- Kmiecik, W., Jaworska, G. and Grazyna, E.S. 1996. Changes in the level of nitrates and nitrites during storage of parsley leaves in different thermal conditions. *Bromatologia I Chemia Toksykologiczna*. 29 (4): 361-366.
- Krumbein, A., Saeger-Fink, H. and Schonhof, I. 2007. Changes in κουαρσετίνη and καμπερόλη concentrations during broccoli head ontogeny in three broccoli cultivars. *J. Appl. Bot. and Food Quality*. 81 (2): 136-139.
- Krymow, V. 1989. *Healing plants of the Bible: history, lore, and meditations*. Cincinnati, OH: St. Anthony Messenger Press.
- Kurlyanchik, I.A., Suprunov, N.I., Skokova, A.A., Syshchikova, N.M. and Deren'ko, S.A. 1979. Accumulation of carotenoids and ascorbic acid in *Anethum graveolens*. *Chemistry of natural compounds*. 15 (6): 767-768.
- Lange, D.D. and Cameron, A.C. 1994. Postharvest shelf-life of sweet basil (*Ocimum basilicum*). *HortSci*. 29: 102-103.
- Latta, S. 1999. *Essential Oils*. Inform. 10 (4): 298-302.
- Lattanzio V., Cardinali A., Ruta C., Fortunato, I.M., Lattanzio, V M.T., Linsalata, V. and Cicco, N. 2009. Relationship of secondary metabolism to growth in oregano (*Origanum vulgare* L.) shoot cultures under nutritional stress. *Environ. Experim. Bot.* 65 (1): 54–62.
- Lawrence, B.M. 1980. New trends in essential oils. *Perfumer and Flavorist*. 5 (4): 6-16.
- Lawrence, B.M. 1981. Progress in essential oils. *Perf. and Flav.* 6 (1): 37-41.
- Le Strange, R. 1977. *A history of herbal plants*. New York: Arco Publishing Company.
- Lee, S.K. and Kader, A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*. 20 (3): 207-220.
- Lee, S.K. and Kader, A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biol. Technol.* 20 (3): 207–220.
- Li, W. and Fitzloff, J.F. 2002. Simultaneous determination of terpene lactones and flavonoid aglycones in *Ginkgo biloba* by high-performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection. *J.Pharmaceut. and Biomed. Anal.* 30 (1): 67-75.
- Lipton, W.J. 1975. Controlled atmospheres for fresh vegetables and fruits, why and when. In *Postharvest Biology and Handling of Fruits and Vegetables*, N.F. Haard and D.K. Salunkhe (Ed.), p. 130-143. AVI Pub Co., Westport, CT.
- Lisiewska, Z. and Kmiecik, W. 1997. Effect of freezing and storage on quality factors in Hamburg and leafy parsley. *Food Chem.* 60 (4-5): 633-637.
- Lisiewska, Z., Kmiecik, W. and Korus, A. 2006. Content of vitamin C, carotenoids, chlorophylls and polyphenols in green parts of dill (*Anethum graveolens* L.) depending on plant height. *J. Food Comp. Anal.* 19 (2,3): 134-140.
- Lisiewska, Z., Kmiecik, W., and Shupski, J. 2004. Contents of chlorophylls and carotenoids in frozen dill: effect of usable part and pre-treatment on the content of chlorophylls and

- carotenoids in frozen dill (*Anethum graveolens* L.) depending on the time and temperature of storage. Food Chem. 84: 511.
- Mahfouz, S.A. and Sharaf-Eldin M.A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Int. Agroph. 21 (4): 361-366.
- Mahmud, T. M. M., Atherton, J.G., Wright, C.J., Ramlan, M.F and Ahmad, S.H. 1999. Pak Choi (*Brassica rapa* ssp *Chinensis* L) quality response to pre-harvest salinity and temperature. J. Sc. Food Agric. 79 (12): 1698-1702.
- Mahran, G.H., Kadry, H.A., Thabet, C.K., El-Olemy, M.M., Al-Azizi, M.M., Schiff, P.L., Wong, L.K. and Liv, N. 1992. GC/MS analysis of volatile oil of fruits of *Anethum graveolens*. Int. J. Pharmacog. 30 (2): 139-144.
- Margaris, N., Koedam, A. and Vokou, D. (eds.). 1982. Aromatic Plants: Basic and Applied Aspects. Martinus Nijoff Publishers, The Hague/Boston/London, pp. 165–173.
- Marschner, H., and Römheld, V. 1994. Strategies of plants for acquisition of iron. Plant Soil. 165: 275–283.
- Mask, P., Wood, C.W. and Delaney, D.P. 1993. Determination of wheat nitrogen status with a hand-held chlorophyll meter: Influence of management practices. J. Plant Nutr. 16 (5):781-796
- Matraka, M., Ninou, E., Giannakoula, A., Lazari, D., Panou-Filothou, H. and Bosabalidis, A. M. 2010. Effects of soil water content on *Mentha spicata* L. and *Origanum dictamnus* L. Israel J. of Plant Sc. 58 (3-4): 229-239.
- Maynard, D.N. and Barker, A.V. 1972. Nitrate Content of Vegetable Crops. HortScience 7: 224–226.
- Maynard, D.N., Barker, A.V., Minotti, P.L. and Peck, N.H. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. Adv. Agron. 28: 71-118.
- McGill, J.N., Nelson, A.I. and Steinberg, M.P. 2006. Effect of modified storage atmosphere on ascorbic acid and quality characteristic of spinach. J. Food Sci. 31 (4): 510-517
- Mehr, S.Z., and Ganjeali, A. 2013. Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of dill (*Anethum graveolens* L.). J. of Hort. Science (Agric. Sciences and Technol.). 27 (1): 27 - 35.
- Mehr, Z. S., Khajeh, H., Bahabadi, S. E. and Sabbagh, S. K. 2012. Changes on proline, phenolic compounds and activity of antioxidant enzymes in *Anethum graveolens* L. under salt stress. International Journal of Agronomy and Plant Production. 3 (Special Issue): 710-715.
- Mehr, Z.S. 2013. Salt-induced changes in germination and vegetative stages of *Anethum graveolens* L. J. of Stress Phys. Biochem. 9 (2): 189-198.
- Mehta, R.S., Anwer, M.M and Sharma, Y.K. 2012. Effect of irrigation, nutrient levels and crop geometry on growth and yield of dill (*Anethum sowa* L.). J. Spices Arom. Crops. 21 (1): 20–24.
- Mioulane, P. 2007. Larousse Εγκυκλοπαίδεια Καλλιεργητή. Φρούτα-βότανα-λαχανικά-καρποί. Εκδόσεις Ψύχαλου, 243.

- Misra, A. and Srivastava, N.K. 2000. Influence of water stress on Japanese mint. *J. Herbs Spi. Med. Plants.* 7 (1): 51–58.
- Mohamed, A.A. and Aly, A.A., 2008. Alternations of some secondary metabolites and enzymes activity by using exogenous antioxidant compound in onion plants grown under seawater salt stress. *Amer.- Eurasian J. of Scient. Res.* 3 (2): 139-146.
- Mohamed, M.A-H. and Abdu, M. 2004. Growth and oil production of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.): Effect of irrigation and organic fertilization. *Biol. A. and Hort.* 22 (1): 31–39.
- Mohammad Al-Ismail, K. and Aburjai, T. 2004. Antioxidant activity of water and alcohol extracts of chamomile flowers, anise seeds and dill seeds. *J. of the Sc. of Food and Agric.* 84. (2): 173–178.
- Möhle, B., Heller, W. and Wellmann, E. 1985. UV-induced biosynthesis of κουαρσετίνη 3- α -beta-d-glucuronide in dill cell cultures. *Phytochem.* 24 (3): 465-467.
- Moud, A.M. and Maghsoudi, K. 2008. Salt stress effects on respiration and growth of germinated seeds of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *World J. Agric. Sci.* 4 (3): 351-358.
- Mozafar, A. 1996. Decreasing the NO₃ and increasing the vitamin C contents in spinach by a nitrogen deprivation method. *Plant Foods Hum. Nutr.* 49 (2): 155-162.
- Muller, K. and Hippe, J. 1987. Influence of differences in nutrition on important quality characteristics of some agricultural crops. *Plant Soil.* 100: 35–45.
- Müller-Ebeling, C.R. and Wolf-Dieter, S. 1998. Witchcraft medicine: healing arts, shamanic practices, and forbidden plants. Rochester, Vt.: Inner Traditions
- Mun, B.H. and Lee, B.Y. 2002. Fluctuations of nitrate and ascorbic acid in leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown in hydroponics as affected by concentrations of nutrient solution. *Kor. Soc. Hortic. Sci.* 43 (4): 425–428.
- Munns, R, Brady, C.J. and Barlow, E.W.R. 1979. Solute accumulation in the apex and leaves of wheat during water stress. *Austr. J. Plant Physiol.* 6(3): 379 – 389.
- Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 59: 651-681.
- Muthukumarasamy, M., Dutta Gupta, S. and Pannerselvam R., 2000. Enhancement of peroxidase, polyphenol oxidase and superoxide dismutase activities by triadimefon in NaCl stressed *Raphanus sativus* L. *Biol. Plant.* 43 (2): 317-320.
- Nair, R. and Chanda, S.V. 2007. Antibacterial activities of some medicinal plants of the western region of India. *Turk. J. Biol.* 31: 231-236.
- Najla S., Sanoubar, R. and Murshed, R. 2012. Morphological and biochemical changes in two parsley varieties upon water stress. *Physiol. Mol. Biol. Plants.* 18 (2): 133-139.
- Neffati, M. and Marzouk, B. 2008. Changes in essential oil and fatty acid composition in coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves under saline conditions. *Ind. Crops Prod.* 28 (2): 137–142.

- Nguyen, P.M. and Niemeyer, E.D. 2008. Effects of nitrogen fertilization on the phenolic composition and antioxidant properties of basil (*Ocimum basilicum* L.). J. Agric. Food Chem. 56 (18): 8685-8691.
- Niskanen, R. and Dris, R. 2006. Stress responses of fruits and vegetables during storage. J. Food Agric. Environ. 4 (3-4): 202-208.
- Noorani Azad, H., Ghorbanli, M. and Kafilzadeh, F. 2006. The study the effects of NaCl on some physiological traits and chemical composition of dill (*Anethum graveolens* L.). Plant Ecosystem. 2 (8): 48-58.
- Nourani Azad, H. and Haji Bagheri, M.R. 2008. Effects of salinity stress on some physiologic characteristics of dill, *Anethum graveolens* L. Journal of new agricultural science (Modern science of sustainable agriculture) 4 (12) 93-100.
- Nourimand, M., Mohsenzadeh, S. and Teixeira da Silva J.A. 2012. Physiological responses of fennel seedling to four environmental stresses. Iran. J. Sci. Technol. 36 (A1): 37-46.
- Nowak, J., Telesiński, A., Smolik, B., Dubowska, A. and Skrzypiec, A.. 2008. Effect of soil salinity on activity of antioxidant enzymes and content of ascorbic acid and phenols in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. J. Elementol. 13 (3): 401-409.
- Olle, M. and Bender, I. 2010. The content of oils in umbelliferous crops and its formation. Agron. Research. 8 (3): 687-696.
- Özoan, M.M. and Chalchat, J.C. 2007. Chemical composition of carrot seeds (*Daucus carota* L.) grown in hydroponic, to the concentration of nutrient solution. Acta Hort. 396: 203–210.
- Page, H.M., Fisher, C.R. and Childress, J.J. 1990. Role of filter-feeding in the nutritional biology of a deep-sea mussel with methanotrophic symbionts. Marine Biol. 104: 251-257.
- Pasternak, D., De Malach, Y., 1994. Crop irrigation with saline water. In: Pessarakli, M. (Ed.), Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, New York, pp. 599-622.
- Pate, J.S. 1973. Uptake, assimilation and transport of nitrogen compounds by plants. Soil Biol. Biochem. 5 (1): 109-119.
- Patil, B.S. and Alva, A.K. 1999. Enhancing citrus nutraceuticals through variable nutrient rates. HortSci. 34 (3): 520–520.
- Patt, J.M., Hamilton, G.C. and Lashomb, J.H. 1997. Foraging success of parasitoid wasps on flowers: Interplay of insect morphology, floral architecture and searching behavior. Entomol. Exp. Appl. 83 (1): 21-30.
- Petropoulos, S.A., Akoumianakis, C.A. and Passam, .HC. 2006. Evaluation of turnip-rooted parsley (*Petroselinum crispum* ssp. tuberosum) for root and foliage production under a warm, Mediterranean climate. Sci. Hort. 109 (3): 282–287.
- Petropoulos, S.A., Daferera, D., Polissiou, M.G. and Passam, H.C. 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. Sci. Hort. 115 (4): 393-397.
- Pleasant, B. 2006. Herbs to know. Herb Companion. July 2006, p. 38-39.

- Poulsen, N., Johansen, A.S. and Sorensen, J.N. 1995. Influence of growth conditions on the value of crisphead lettuce, 4: Quality changes during storage. *Plant Foods Hum Nutr*, 47(2): 157-62.
- Pulliah, T. 2002. Medicinal plants in India. Vol 1. New Delhi: Regency Publications New Delhi. pp. 55-56.
- Rabhi, M., Barhoumi, Z., Ksouri, R., Abdelly, C. and Gharsalli, M. 2007. Interactive effects of salinity and iron deficiency in *Medicago ciliaris*. *C. R. Biologies*. 330 (11): 779-788.
- Raghavan, S. 2007. Handbook of spices, seasonings and flavorings. Boca Raton, FL: CRC Press
- Ram Pratap., Meena, N.L. and Yadav, .G.L.2004. Effect of nitrogen and Sulphur on yield, quality and nutrient uptake by fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Haryana J. Hort. Sci.* 33 (3-4): 276-277.
- Randhawa G.S., Singh A. and Mahey R.K. 1987. Optimising agronomic requirements for seed yield and quality of dill (*Anethum graveolens* L.) oil. *Acta Hort.* 208: 61–68.
- Randhawa, G.S. and Singh, A. 1991. Effect of sowing time and harvesting state on oil content, herbage and oil yield of dill (*Anethum graveolens* L.). *Indian Perf.* 35. 204-208.
- Randhawa, G.S., Bains, D.S. and Mahajan .V.P. 1981. Seed and oil yield of fennel as influenced by sowing time and the levels of nitrogen. *J. Res. Punjab Agric. Uni.* 18 (3): 244-247.
- Randhawa, G.S., Gill, B.S., Saini, S.S. and Singh, J. 1996. Effect of plant spacing and nitrogen levels on the seed yield of dill seed (*Anethum graveolens* L.). *Acta Hort.* 426: 623-628.
- Rassam, G.H.A, Ghorbanzadeh, M. and Dadkhah A.R. 2006. Effect of planting date and nitrogen on yield and seed yield components of dill (*Anethum graveolens* L.) in shirvan region. *J. Agric. Sci. Natur.Resources*. Vol. 13, (3). 1-9.
- Ribas-Carbo, M., Taylor, N. L., Giles, L., Busquets, S., Finnega, P.M., Day, D.A., Lambers, H., Medrano, H., Berry, J.A. and Flexas, J. 2005. Effects of water stress on respiration in soybean leaves. *Plant Physiology*. 139 (1): 466–473.
- Robinson C., and Myers C., 1998. Specialty and minor crops handbook. 2nd edition. University of California. Division of Agriculture and natural resources. p.192.
- Robinson, J.E., Browne, K.M. and Burton, W.G. 1975. Storage characteristics of some vegetables and soft fruits. *Annals of Applied Biology* 81 (3): 339-408.
- Roelofs, J.G.M., Kempers, A.J., Houdijk, A.L.F.M. and Jansen, J. 1985. The effect of air-borne ammonium sulphate on *Pinus nigra* var. *maritima* in the Netherlands. *Plant Soil*. 84 (1): 45-56.
- Rubatzky, V.E., Quiros, C.F. and Simon, P.W. 1999. Carrots and related vegetable Umbelliferae (crop production science in Horticulture) Series: 10. CABI Publishing, Wallingford. UK. 304p.
- Ryall, A.L. and W.J. Lipton. 1979. Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. 2nd edition. AVI Publishing, Westport, CT.

- Said-Al Ahl, H.A.H. and Mahmoud, A.A. 2010. Effect of zinc and / or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. *Ozean J. Appl. Sci.* 3 (1): 97-111.
- Said-Al Ahl, H.A.H., Omer, E.A. and Naguib, N.Y. 2009. Effect of water stress and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of oregano. *Int. Agrophysics.* 23 (3): 269-275.
- Sakaldas, M. and Kayna, K. 2010. Biochemical and quality parameters changes of green sweet bell peppers as affected by different postharvest treatments. *Afr. J. Biotech.* 9 (48): 8174-8181.
- Santamaria, P. 1997. Producing nitrate-free endive heads: Effect of nitrogen form on growth, yield, and ion composition of endive. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122 (1): 140- 145.
- Santamaria, P., Elia, A., Serio, F. and Todaro, E. 1999. A survey of nitrate and oxalate content in fresh vegetables. *J. Sci. Food Agric.* 79: 1882-1888.
- Seo, S.M., Kim, J., Lee, S.G., Shin, C.H., Shin, S.C. and Park, I.K. 2009. Fumigant antitermitic activity of plant essential oils and components from ajowan (*Trachyspermum ammi*), allspice (*Pimenta dioica*), caraway (*Carum carvi*), dill (*Anethum graveolens*), geranium (*Pelargonium graveolens*), and litsea (*Litsea cubeba*) oils against Japanese termite (*Reticulitermes speratus* Kolbe). *J. Agric. Food Chem.* 57 (15): 6596–6602.
- Shannon, M.C. 1998. Adaptation of plant to salinity. *Adv. Agron.* 60: 75-119.
- Shannon, MC and Grieve, C.M. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Sci. Hort.* 78 (1-4): 5-38
- Sharafzadeh, S. 2011. Effect of nitrogen, phosphorous and potassium on growth, essential oil and total phenolic content of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Adv. Env. Biol.* 5(4): 699-703.
- Sharma, R. 2004. Agrotechniques of medicinal plants. New Delhi. Daya Publishing House. pp. 3-8.
- Shyua, Y.S., Linb, J.T., Changc, Y.T., Chiangd, C.J. and Yangd, D.J. 2009. Evaluation of antioxidant ability of ethanolic extract from dill (*Anethum graveolens* L.) flower. *Food Chem.* 115 (2): 515-521.
- Siciliano, J., Krulick, S., Heisler, E.G., Schwartz, J.H. and White, J. 1975. Nitrate and nitrite content of some fresh and processed market vegetables. *J. Agric. Food Chem.*, 1975, 23 (3): 461–464.
- Simon, J.E., Reiss-Bubenhiem, D., Joly, R.J. and Charles, D.J. 1992. Water stress induced alterations in essential oil content and composition of sweet basil. *J. Essential Oil Res.* 4 (1): 71-75.
- Singh, A. 1991. Uptake of nutrients by dill (*Anethum graveolens*). *Indian J. Agron.*, 36 (suppl.), 185-188.
- Singh, A., Randhawa, G.S. and Mahey, R.K., 1987. Oil content and oil yield of dill (*Anethum graveolens* L.) herb under some agronomic practices. *Acta Hort. (ISHS)*, 208: 51–60.
- Singleton, V.L. and Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *Amer. J. Enol. Vitic.* 16 (3): 144-158.

- Siomos, A.S. 2000. Nitrate levels in lettuce at three times during a diurnal period. *J. Veg. Crop Prod.* 6 (2): 37-42.
- Siomos, A.S. and Dogras, C.C. 1999. Nitrates in vegetables produced in Greece. *J. Veg. Crop Prod.* 5 (2): 3-13.
- Siomos, A.S., Papadopoulou, P.P., Niklis, N.D. and Dogras, C.C. 2002. Quality of romaine and leaf lettuce at harvest and during storage. *Acta Hort. (ISHS)*. 579: 641-646.
- Słupski, J., Lisiewska, Z., Kmieciak, W. 2005. Contents of macro and microelements in fresh and frozen dill (*Anethum graveolens* L.). *Food Chem.* 91 (4): 737–743.
- Small, E. 2006. *Culinary herbs* (2nd edition). Ottawa, Canada: NRC Research Press.
- Smirnoff, N. 2000. Ascorbic acid: Metabolism and functions of a multi-faceted molecule. *Curr. Opin. Plant Biol.* 3 (3): 229–235.
- Sorensen, J.N., Johansen, A.S. and Poulsen, N. 1994. Influence of growth conditions on the value of crisphead lettuce. 1. Marketable and nutritional quality as affected by nitrogen supply, cultivar and plant age. *Plant Foods Hum. Nutr.* 46 (1): 1–11.
- Strunz, M., Puschmann, G., Stephani, V. and Fritz, D. 1992. Chemische Variabilität von Dill (*Anethum graveolens* L.). *Gartenbauwissenschaft.* 57: 190–192.
- Sushruta, K., Satyanarayana, S., Srinivas, N. and Raja, S.J. 2006. Evaluation of the blood-glucose reducing effects of aqueous extracts of the selected umbelliferous fruits used in culinary practices. *Trop. J. Pharm. Res.* 5 (2): 613-617.
- Syed, M., Chaudhary, F.M. and Phatty, M.K. 1989. Antimicrobial activity of the essential oils of Umbelliferae family. Part VIII. *Seseli libanotis*, *Ligusticum stewartii* and *Pycnocycla aucheriana* oils. *Pakistan J. Scient. and Indust. Res.* 32, 316–319.
- Tabatabaie, S.J. and Nazari, J. 2007. Influence of nutrient concentrations and NaCl salinity on the growth, photosynthesis, and essential oil content of peppermint and lemon verbena. *Turk. J. Agric.* 31: 245–253.
- Tainter, D. R., and Grenis T. A. 2001. *Spices and seasonings: a food technology handbook*. New York, New York: John Wiley and Sons, Inc. p. 256.
- Takama, F. and Saito, S. 1974. Studies on the storage of vegetables and fruits. II. Total carotene content of sweet pepper, carrot, leek and parsley during storage. *J. Agric. Sci. (Japan.)* 19:11.
- Telesinski, A., Nowak, J. Smolik, B., Dubowska, A. and Skrzypiec, N. 2008. Effect of soil salinity on activity of antioxidant enzymes and content of ascorbic acid and phenols in bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. *J. Elementol.* 13 (3): 401-409.
- Tripathi, S.M., Dwivedi, A.K., Singh, S.K. and Dutta, S.D. 2009. Impact on yield of dill (*Anethum graveolens* L.) as influenced by nitrogen and row spacing. *Annals Hort.* 2 (2): 214-216.
- Tucker, A.O. and De Baggio, T. 2000. *The big book of herbs: a comprehensive illustrated reference to herbs of flavor and fragrance*. Loveland, Colorado: Interweave Press. p. 672.

- Udagawa, Y. 1995. Some responses of dill (*Anethum graveolens*) and thyme (*Thymus vulgris*), grown in hydroponic, to the concentration of nutrient solution. *Acta Hort. (ISHS)*. 396: 203-210.
- Verma, S. and Mishra, S.N. 2005. Putrescine alleviation of growth in salt stressed *Brassica juncea* by inducing antioxidative defense system. *J. Plant Physiol.* 162. (6): 669–677.
- Walker, R. 1990. Nitrates, nitrites and N-nitrosocompounds: a review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food Addit. Contam.* 7 (6): 717–768.
- Wander, J.G.N. and Bouwmeester, H.J. 1998. Effect of nitrogen fertilization on dill (*Anethum graveolens* L.) seed and καρβόνη production. *Ind. Crops and Prod.* 7 (2-3): 211-216.
- Wanner H, Gu H and Dorn S. 2006. Nutritional value of floral nectar sources for flight in the parasitoid wasp, *Cotesia glomerata*. *Physiol. Entomol.* 31 (2): 127-133.
- Warrier, P.K., Nambiar, V.P.K. and Ramakutty, C. 1994. *Ayurvedaprabhandhavalī* (Vol 1). Arya Vaidya Sala. Vol 1. Kottakkal Madras, India. Orient Longman Limited. pp. 153-154.
- Witkowska, A., Borawska, M., Omiejaniuk, N. and Markiewicz, R. 1996. Zawartosc blonnika pokarmowego calkowitego w wybranych warzywach (Total dietary fibre content in selected vegetables). *Bromat. Chem. Toksykol.*, 29, 135-138 (In Polish).
- Wong, C.C., Li, H.B., Cheng, K.W. and Chen, F. 2006. A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay. *Food Chem.* 97 (4): 705–711.
- Yamauchi, N. and A. E. Watada. 1993. Pigment changes in parsley leaves during storage in controlled or ethylene containing atmosphere. *J. Food Sci.* 58 (3): 616-618.
- Yazdanparast, R, Alavi, M. 2001. Atihyperlipidaemic and antihypercholesterolaemic effects of *Anethum graveolens* leaves after the removal of furocoumarins. *Cytobios.* 105: 185-191.
- Yeom, H.J., Kang, J.S., Kim, G.H. and Park, I.K. 2012. Insecticidal and acetylcholine esterase inhibition activity of Apiaceae plant essential oils and their constituents against adults of German Cockroach (*Blattella germanica*). *J. Agric. Food Chem.* 60 (29): 7194–7203.
- Zahedifar, M., Ronaghi, A.M., Moosavi, S.A.A., Safarzadeh Shirazi, S. 2010. Influence of salinity and nitrogen levels on growth, yield and nutrients uptake of tomato in hydroponics culture. *J. Sci. Tech. Greenhouse Culture.* 1 (2): 31-41.
- Zehtab-Salmasi, S., Javanshir, A., Omidbaigi, R., Alyjari, H. and Ghassemi-Golezani, K. 2001. Effects of water supply and sowing date on performance and essential oil production of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Acta Agronom. Hung.* 49 (1): 75–81.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Βασιλείου, Ζ.Κ. 2004. Πολλαπλασιαστικό υλικό κηπευτικών. Εκδ. Σταμούλης. Αθήνα. σελ. 132.
- Κουτσός, Β. Θ. 2006. Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Εκδ. Ζήτη. Θεσ/νίκη.
- Μισοπολινός, Ν. 1991. Προβληματικά εδάφη: Μελέτη - Πρόληψη - Βελτίωση. Εκδ. Γιαχούδη. Θεσσαλονίκη. σελ. 43-117.
- Μυρωνίδου – Τζουβελέκη, Μ., Καλούσης, Κ. και Χριστοπούλου - Αλετρά, Ε. 2009. Ιστορία της ιατρικής – Η αναλγητική αγωγή από την Ομηρική εποχή στην Ιπποκρατική εποχή. Αρχαία Ελληνικής Ιατρικής. 26 (1): 124-129.
- Παναγόπουλος, Χ.Γ. 2000. Ασθένειες Κηπευτικών Καλλιεργειών. Β΄ έκδοση. Εκδ. Σταμούλη Αθήνα.
- Παρασκευόπουλος, Κ.Π. 2003. Σύγχρονη Λαχανοκομία. Εκδ. Ψυχάλου. Αθήνα.
- Πετρόπουλος, Σ. 2006. Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και της καταπόνησης στην ανάπτυξη και την χημική σύσταση τριών τύπων μαϊντανού. Διδακτορική διατριβή. Γ.Π.Α.
- Σαρλής, Γ. 1999. Συστηματική Βοτανική Εφαρμογές Κορμόφυτων. Εκδ. Σταμούλη. Αθήνα. σελ:118, 123-129,267,271
- Σαρλής, Π. Γ., 1993. Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, σελ. 16.
- Σκρουμπής, Β. 1988. Αρωματικά φυτά και αιθέρια έλαια. Αγροτύπος. Θεσσαλονίκη. σελ. 10-15.
- Τζάμος, Ε.Κ. 2007. Φυτοπαθολογία. Β΄ έκδοση. Εκδ. Σταμούλη. Αθήνα.
- Χαϊδευτού, Σ.Δ. 2012. Επίδραση NaCl και μειωμένη διαθεσιμότητα νερού στην δρόγη και ποιοτική και ποσοτική σύσταση του αιθέριου ελαίου σε τρία Lamiaceae: νησιώτικη ρίγανη (*Origanum onites*), δίκταμος (*Origanum dictamnus*) και δυόσμος (*Mentha spicata*). Πτυχιακή εργασία. Αλεξάνδρειο Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης. Σ.Τε.Γ. Τμήμα Φυτικής Παραγωγής. Τομέας Γεωργίας, Γενετικής και Φυτοπροστασίας.

Πηγές Internet

- Cantwell, M. 1997. Properties and recommended conditions for storage of fresh fruits and vegetables. University of California. UCDAVIS. Postharvest Technology. Maintaining Produce Quality and Safety. <http://postharvest.ucdavis.edu/files/109107.pdf>.
- Christman, S. 2003. Floridata: *Anethum graveolens*. Tallahassee. Florida. U.S.A. http://www.floridata.com/ref/a/anet_gra.cfm.
- Eland, S. 2008. Plant Biographies at Plant Lives: *Anethum graveolens*. <http://www.plantlives.com/docs/A/Anethum.pdf>.
- FreeBigPictures www.freebigpictures.com;

Gaia <http://gaia.cxr.no/index.php?site=default/637/1838>

Katzer, G. 1998. Gernot Katzer's Spice Pages: Anise (*Pimpinella anisum* L.).
(http://www.uni-graz.at/~katzer/engl/Pimp_ani.html)

Kmiecik, W., Lisiewska, S., and Jaworska, G. 2002. Effect of biological and agrotechnical factors on the chemical composition of dill (*Anethum graveolens* L.). Elect. J. Polish Agric. Univ. Food Sc. and Techn. 5 (1). <http://www.ejpau.media.pl>.

Lisiewska, Z., Slupski, J., and Zuchowicz, E. 2003. Effect of temperature and storage period on the preservation of vitamin C, thiamine and riboflavin in frozen dill (*Anethum graveolens* L.) E.J.P.A.U. 6 (2) #7. <http://www.ejpau.media.pl/volume6/issue2/food/abs-07.html>.

MotherEarthliving Natural Home, Healthy life <http://www.motherearthliving.com/>;

Nguyen, T.T., Guzman, C.C. and Jansen, P.C.M. 1999. Plant Resources of South-East Asia (PROSEA). No 13. Spices. Backhuys Publisher. Leiden, The Netherlands. pp. 71-74
http://proseanet.org/prosea/e-prosea_detail.php?frt=&id=562http://extension.unm.edu.

Phytoimages <http://www.phytoimages.siu.edu/>

Rogers, M. 2006. Herbalpedia: The Herb Growing and Marketing Network. Dill.
<http://www.herbalpedia.com/DILL.pdf>.

The epicenter. <http://theepicentre.com/spice/dill/>.

United States Department of Agriculture (USDA). 2011. Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference. Release 27.
<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/275>.

WikiPedia. (English). http://en.wikipedia.org/wiki/File:Dill_dried_umbel.jpg

WikiPedia. (English). <http://www.en.wikipedia.org/wiki/Dill>.

WikiPedia. (Rumanian). <https://ru.wikipedia.org/wiki/Укроп>

Wikipedia. (Ελληνικά). <http://el.wikipedia.org/wiki/Ανηθός>.

Wrightson, S. 2014. Sonoma County Master Gardeners: Growing Dill. University of California. Division of Agriculture and natural resources.
http://ucanr.edu/sites/scmg/The_Kitchen_Garden/Feature_Vegetables/Growing_Dill/

Zonal Technology management and business planning and development unit. Indian Agricultural Research Institute. Cultivation of dill (*Anethum graveolens*) on saline black soils.
<http://www.ztmbpd.iari.res.in/cultivation-dill-anethum-graveolens-saline-black-soils>.