



**ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ**

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΥΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ  
ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ  
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΦΥΤΩΝ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ  
ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΑΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ**

Βίτσιου Ευαγγελή  
Σιατερλή Καλλιόπη

Επιβλέπων: Χαράλαμπος Καριπίδης, Γεωπόνος MSc, Καθηγητής ΤΕΙ  
Ηπείρου

Άρτα, Ιανουάριος, 2019



**ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ**

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΥΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ  
ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ  
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΦΥΤΩΝ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ  
ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΑΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ**

Βίτσιου Ευαγγελή  
Σιατερλή Καλλιόπη

Επιβλέπων: Χαράλαμπος Καριπίδης, Γεωπόνος MSc, Καθηγητής ΤΕΙ  
Ηπείρου

Άρτα, Ιανουάριος, 2019

**STUDY OF THE EFFECT OF NITROGEN  
FERTILIZATION ON THE TOTAL ANTIOXIDAL  
CAPACITY OF VASILIC PLANTS GROWED IN THE  
SPRING**

© Βίτσιου Ευαγγελή, Σιατερλή Καλλιόπη, 2019.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

**Δήλωση μη λογοκλοπής**

Δηλώνουμε υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι έξω ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μας ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν(κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Βίτσιου Ευαγγελή  
Σιατερλή Καλλιόπη

Υπογραφή

## Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	
ABSTRACT.....	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ.....	
1.1 Ο βασιλικός, ονομασία, προέλευση, βοτανική ταξινόμηση, ποικιλίες, περιγραφή χρήση & ιδιότητα.....	
1.2. Χημική σύσταση.....	
1.2.1 Αιθέριο έλαιο.....	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ.....	
2.1. Γενικά για τα αντιοξειδωτικά.....	
2.1.1. Διάκριση αντιοξειδωτικών.....	
2.2.1 Αντιοξειδωτικά στα μπαχαρικά και στα βότανα.....	
2.2.2. Δημιουργία ελεύθερων ριζών.....	
2.2.3. Βλάβες που προκαλούν οι ελεύθερες ρίζες.....	
2.3. Δράση των αντιοξειδωτικών.....	
2.3.1. Προσδιορισμός αντιοξειδωτικής ικανότητας.....	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΟ ΑΖΩΤΟ ΚΑΙ Ο ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ.....	
3.1 Το άζωτο ως στοιχείο.....	
3.2 Φυσιολογική δράση.....	
3.3. Λίπανση και συσσώρευση νιτρικών.....	
3.4. Το πρόβλημα συγκέντρωσης νιτρικών στα φυτά και στον άνθρωπο.....	
3.5 Κίνδυνοι στην υγεία από νιτρικά (NO <sub>3</sub> -).....	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	
4.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	
Ολική Αντιοξειδωτική ικανότητα.....	
ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο βασιλικός αποτελεί ένα από τα βασικότερα αρωματικά φυτά. Οι χρήσεις του είναι πολλές, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φρέσκο φυτό, ως αιθέριο έλαιο κ.λ.π. Ως αρωματικό φυτό έχει την τάση να συσσωρεύει αντιοξειδωτικά, τα οποία είναι εξαιρετικά ωφέλιμα για την υγεία και τα οποία βοηθούν να μην οξειδώνονται οι βιταμίνες, τα έλαια κλπ από τον ανθρώπινο οργανισμό και τέλος καταπολεμούν τις ελεύθερες ρίζες. Φυτά βασιλικού (*Ocimum basilicum* L.) καλλιεργήθηκαν σε γλάστρες χωρητικότητας 1L με μείγμα τύρφη – περλίτη 1:1. Η λίπανση έγινε με τη χορήγηση θρεπτικών διαλυμάτων, με τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις αζώτου στο νερό του ποτίσματος (50, 200 και 350 mgL<sup>-1</sup>). Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να διαπιστωθεί αν η αύξηση στην ποσότητα του χορηγουμένου αζώτου έχει επίδραση στην ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των φυτών του βασιλικού. Για τον προσδιορισμό της, εφαρμόστηκε η μέθοδος DPPH σε νωπούς φυτικούς ιστούς φυτών βασιλικού, τα οποία αναπτύχθηκαν για διάστημα 10 εβδομάδων κατά την περίοδο της άνοιξης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα νεαρά φυτά του βασιλικού παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητά τους σε αντιοξειδωτικά, οι οποίες εξαρτώνται από την ποσότητα της παρεχόμενης αζωτούχου λίπανσης. Η αύξηση του χορηγούμενου αζώτου από τα 50 στα 200 mgL<sup>-1</sup> είχε σαν αποτέλεσμα την ελάττωση της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας των φυτών, ενώ όταν το χορηγούμενο άζωτο ήταν αυξημένο (350 mgL<sup>-1</sup>), τα ποσοστά της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας ήταν αντίστοιχα με εκείνα των φυτών που δέχθηκαν περιορισμένη αζωτούχο λίπανση (50 mgL<sup>-1</sup>).

**Λέξεις κλειδιά :** Βασιλικός, αζωτούχος λίπανση, αντιοξειδωτικά.

## **ABSTRACT**

Basil is one of the most important aromatic plants. Its uses are many, as it can be used as a fresh plant, as an essential oil, etc. As an aromatic plant it tends to accumulate antioxidants, which are extremely beneficial to health and which help to prevent the oxidation of vitamins, oils, etc. from the human body and finally to fight free radicals. Basil plants (*Ocinunum basilicum L.*) were cultivated in pots of 1L capacity with a mixture of peat and perlite. 1:1. The fertilization was made by providing nutrient solutions with three different concentrations of nitrogen in the water of watering (50, 200 and 350 mgL<sup>-1</sup>). The purpose of this work was to determine whether the increase in the amount of nitrogen provided, had an effect on the total antioxidant capacity of basil plants. For its determination, the DPPH method was applied to fresh plant tissues of basil plants, which were grown for 10 weeks during the spring period. The results showed that the young basil plants show significant differences in their antioxidant content, which depend on the amount of nitrogen fertilization provided. The increase from 50 to 200 mgL<sup>-1</sup> in the nitrogen provided, had as a result the reduction in the total antioxidant capacity of the plants, while when nitrogen which was provided, was increased (350 mgL<sup>-1</sup>), the total antioxidant capacity was corresponding with those concerning plants which treated with limited nitrogen fertilization (50 mgL<sup>-1</sup>).

**Key words:** Basil, nitrogen fertilization, antioxidants.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ

### 1.1.1 Ο βασιλικός, ονομασία, προέλευση, βοτανική ταξινόμηση, ποικιλίες, περιγραφή χρήση & ιδιότητα

Ο βασιλικός, *Ocimum basilicum* L, ανήκει στην οικογένεια των αρωματικών *Lamiaceae* (*Lamiatae*). Στην επιστήμη της φαρμακευτικής τον συναντάμε με το όνομα *Herba Basilici*.

Ο βασιλικός είναι γνωστός από την αρχαιότητα, θεωρείται ότι κατάγεται από την τροπική και υποτροπική ζώνη της Αφρικής και της Ασίας και ως πρώτο κέντρο εξάπλωσης θεωρείται η Ινδία.

Το όνομα βασιλικός προέρχεται από το ελληνικό «βασιλεύς», λόγω του βασιλικού αρώματος αυτού του βοτάνου. Τα ονόματα του βασιλικού σχεδόν σε όλες τις ευρωπαϊκές γλώσσες συσχετίζονται, αν και παρουσιάζουν κάποια παραλλαγή των φωνηέντων: ρωσικό *vasilki*, σερβοκροατικό *bosiljak*, αλβανικό *bozilok* κλπ και τέλος βασιλικός των σύγχρονων ελληνικών.

Η ελληνική λέξη βασιλεύς — βασιλιάς - σημαίνει ουσιαστικά ο «ηγέτης των ανθρώπων». Οι ονομασίες όπως το ιταλικό *erba reale*, το γαλλικό *herbe royall* το γερμανικό και το ολλανδικό *koningskruid* «βασιλική πόα», προέρχονται πολύ πιθανώς από το ελληνικό όνομα. Το όνομα του γένους *Ocimum* είναι η λατινική έκδοση του ελληνικού ονόματος του φυτού ώκιμον, με το οποίο ο βασιλικός αναφέρεται από τον Διοσκουρίδη. Προέρχεται δε από το ρήμα όζειν «μυρωδιά». Στην αγγλική γλώσσα, ο κοινός βασιλικός που καλλιεργείται στην Ιταλία και στις άλλες μεσογειακές χώρες καλείται συχνά ως «*basilico dolce*, γλυκός βασιλικός». Η λέξις «Γλυκό» όμως, παραπλανά, επειδή ο ταϋλανδέζικος βασιλικός έχει περισσότερο γλυκιά γεύση. Κατά συνέπεια, θα ήταν προτιμότερο να αποφεύγεται αυτός ο όρος και να αποκαλείται μάλλον «μεσογειακός τύπος», σε αντιδιαστολή με τον αντίστοιχο «ταϋλανδέζικου τύπου».

Το γένος *Ocimum* (Οικ. *Lamiaceae*, τάξη *Lamiales*), περιλαμβάνει πάνω από 50 είδη. Από αυτά, το είδος *Ocimum basilicum* είναι εξαιρετικά επικερδές και καλλιεργείται ευρέως σε όλο τον κόσμο. Είναι ένα φυτό που παρουσιάζει πολλά και διαφορετικά μορφολογικά χαρακτηριστικά, τα που ξεχωρίζουν από το μέγεθος, το χρώμα και την υφή των φύλλων, από το χρώμα της ταξιανθίας, αλλά και τη χημική

σύσταση των αιθέριων ελαίων και επίσης σταυρογονιοποιείται εύκολα. Υπάρχουν πολλά υποείδη, ποικιλίες (παραπάνω από 60) και τύποι που παρουσιάζουν τις παραπάνω ποικιλομορφίες (χρώμα φύλλων, ποικιλομορφία σχημάτων κ.λ.π.)

Τα αιθέρια έλαια του *O. basilicum* κατατάσσονται σε τέσσερις χημειότυπους:

α) τον Ευρωπαϊκό με κύρια συστατικά τη λιναλοόλη και τη μεθυλοκαβικόλη, καλλιεργούμενο στις Μεσογειακές χώρες της Ευρώπης την Αίγυπτο, Ν. Αφρική και τις Η.Π.Α.

β) το χημειότυπο Reunion με κύριο συστατικό τη μεθυλοκαβικόλη (Κομόρες, Ταυλάνδη, Μαδαγασκάρη, Βιετνάμ) γ) τον τροπικό χημειότυπο με κύριο συστατικό methyl cinnamate (Ινδία, Γουατεμάλα, Πακιστάν) και

δ) το χημειότυπο ευγενόλης (πρώην Σοβιετική Ένωση, Β. Αφρική).

Η πλέον εμπορική ποικιλία είναι του Ευρωπαϊκού χημειότυπου (γλυκός βασιλικός, πλατύφυλλος, sweet basil, genovese), που χαρακτηρίζεται από την περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου του σε λιναλοόλη και μεθυλοκαβικόλη σε αναλογία 2 έως 3:1. Στην Ελλάδα απαντώνται συχνά ποικιλίες που έχουν πολύ μικρά φύλλα (Ελληνικός βασιλικός, Greek basil), άλλες που έχουν φύλλα και άνθη ή μόνον άνθη χρώματος σκούρου ιώδους (Μαυρομίτικος, Αγιορείτικος) και άλλες που έχουν φύλλα μεγάλα και σγουρά (σγουρός Βασιλικός). Από πλευράς αρώματος υπάρχουν διάφοροι βασιλικοί γνωστοί διεθνώς ως Lemon, Cinnamon, Spicy, Camphor, Anise και Licorice basil.

Άλλα είδη του γένους *Ocimum* που επίσης καλλιεργούνται είναι και τα εξής:

- *Ocimum canum* Sims, συν. *O. americanum* L. Το άρωμά του είναι παρόμοιο με αυτό της ποικ. Cinnamon basil του είδους *Ocimum basilicum* L. Καλλιεργείται στην Αφρική, Ανατολικές Ινδίες και στο Βέλγιο.
- *Ocimum sanctum* L. (holy basil, ιερός βασιλικός) ετήσιο φυτό με υψηλή αναλογία του συστατικού ευγενόλης στο αιθέριο έλαιο ιθαγενές της Μαλαισίας, Αυστραλίας και Ινδίας. Καλλιεργείται ιδιαίτερα στην τελευταία και υπάρχουν πολλές ποικιλίες αυτού του είδους.
- *Ocimum citriodorum* Vis. Έχει ισχυρό άρωμα λεμονιού.
- *Ocimum kilimandscharicum* Guerke. Λέγεται "μπλε βασιλικός" της Αφρικής και έχει τη μυρωδιά της καμφοράς. Στις Η.Π.Α. χρησιμοποιείται ως καλλωπιστικό φυτό.
- *Ocimum gratissimum* L. (tree basil, δενδροβασιλικός). Είναι πολυετής θάμνος που το ύψος του φθάνει τα δύο μέτρα και το αιθέριο έλαιό του έχει

υψηλό ποσοστό ευγενόλης.

• *Ocimum suave* Willd. Είναι πολυετής θάμνος ύψους έως 3 μ. και βρίσκεται αυτοφυής στην Αφρική και την Ινδία.

Υπάρχουν και άλλα είδη βασιλικού καθώς επίσης και πολλά υβρίδια. Ως Ιαπωνικός βασιλικός αναφέρεται και το είδος *Perillafrutescens cv crispum* που μερικοί το κατατάσσουν στο γένος *Ocimum* και συγκεκριμένα στο είδος *Ocimum crispum*.

Στα κλίματά μας ο βασιλικός (*O. basilicum*) είναι μια καλά διακλαδισμένη ετήσια πόα, που φθάνει περίπου τα 70 cm, με στελέχη λεία ή σχεδόν λεία. Τα φύλλα του είναι ωοειδή έως ελλειπτικά ωοειδή, μήκους 4 - 7 και πλάτους 2 - 4 cm, συνήθως σφηνοειδή και μίσχους 1 - 2 cm. Η ταξιανθία του είναι βοτρυοειδής, σταχυοειδής ή κορυμβοειδής και η στεφάνη είναι περίπου 8 χιλ., άσπρη ή Ιώδης. Το φυτό ανθίζει από Ιούνιο έως Ιούλιο ανάλογα με την περιοχή και την ποικιλία, σχηματίζοντας μακρύ στάχυ αρωματικών ανθέων, συγκρατούμενα σε δακτυλίους των 5 ή 6. Κάθε δακτύλιος περιλαμβάνει δύο μικρά βράκτια. Οι καρποί είναι τετραχάινιο που δίνει μαύρους σπόρους, σκληρούς και γυαλιστερούς.

Το σκούρο κόκκινο φύλλωμα μερικών ποικιλιών βασιλικού προκαλείται από τις χρωστικές ουσίες του τύπου των ανθοκυανών. Μερικές ποικιλίες βασιλικού περιέχουν μέχρι και 200 ppm ανθοκυανίνες (φυτικές χρωστικές) στα φύλλα τους.

Ο βασιλικός είναι έντονα αρωματικός, με πικάντικη γεύση. Χρησιμοποιούμενο μέρος του φυτού είναι τα φύλλα, που πρέπει πάντα να χρησιμοποιούνται φρέσκα, δεδομένου ότι χάνουν το μεγαλύτερο μέρος του αρώματός τους μέσα σε λίγες εβδομάδες μετά την ξήρανσή τους. Τα φρέσκα φύλλα έχουν ένα ισχυρό και χαρακτηριστικό άρωμα, που διαφέρει από οποιοδήποτε άλλο καρύκευμα (άρτυμα γαστρονομικό μυρωδικό), αν και δίνει και την αίσθηση μυρωδιάς από καρφάκια γαρύφαλλου. Ο «μεσογειακός βασιλικός» είναι ένα από τα πιο ευχάριστα καρυκεύματα και δεν απουσιάζει σχεδόν ποτέ από τις κουζίνες, είτε των επαγγελματικών είτε των απλών νοικοκυριών. Δεδομένου ότι το λεπτό άρωμα του βασιλικού καταστρέφεται γρήγορα με το μαγείρεμα, τα Ψυλοκομμένα φύλλα του σχεδόν πάντα προστίθενται επάνω στα κρύα ή ζεστά πιάτα λίγο πριν σερβιριστούν. Στην Ευρωπαϊκή αλλά και την Αμερικανική αγορά τα φύλλα βασιλικού αποτελούν το προϊόν αιχμής στην αγορά των νωπών αρωματικών φυτών (είτε στα Supermarkets, είτε στον κύκλο της εστίασης). Στην Ιταλία, το γλυκό και αρωματικό του άρωμα είναι ιδιαίτερα δημοφιλές. Ένα χαρακτηριστικό και αρκετά διάσημο πιάτο είναι η *insalata*

caprese (σαλάτα από το Capri): φέτες ντομάτας, με φέτες τυριού «mozzarella» και ολόκληρα φύλλα βασιλικού που συνοδεύονται με αγνό παρθένο ελαιόλαδο. Επίσης πολύ γνωστό είναι το dressing (σάλτσα) pesto alla Genovese, μια της Liguria, περιοχής στη Βόρειο-δυτικής Ιταλίας. Αυτή η σάλτσα γίνεται με φρέσκα φύλλα βασιλικού, προσθέτοντας αγνό παρθένο ελαιόλαδο, κουκουνάρια, σκόρδο, αρωματικό τυρί (παρμεζάνα, η pecorino sardo) λιώνοντας και δουλεύοντάς τα πολύ καλά στο γουδί. Το Pesto συνοδεύει συνήθως τους διάφορους τύπους ζυμαρικών. Εκτός από την άριστη γεύση που προσδίδει, το pesto είναι επίσης ιδανικό για τη συντήρηση του βασιλικού, χωρίς να είναι ανάγκη να διατηρείται στον καταψύκτη. Ο βασιλικός χρησιμοποιείται κυρίως στην αλυσίδα της Βιομηχανίας Τροφίμων αρωματικός παράγων - μυρωδικό και σαν βελτιωτικό γεύσης: σε φρέσκα παρασκευάσματα, στο pesto, καθώς επίσης και σε όλα τα πιάτα που έχουν σαν βάση τη ντομάτα. Ιδιαίτερα στη Γαλλία, ο βασιλικός είναι συστατικό του μίγματος "herbes de Provence". Επίσης χρησιμοποιείται στη ζαχαροπλαστική και την Ποτοποιία. Πολλές ποικιλίες βασιλικού χρησιμοποιούνται σαν ανθοκομικά είδη, λόγω της ποικιλομορφίας του σχήματός τους, του χρώματος των ανθέων των φύλλων κλπ.

Το αιθέριο έλαιο του βασιλικού αποτελεί κύριο συστατικό στον τομέα των καλλυντικών, της Αρωματοποιίας και των αλυσίδων των herboristerie / erboristeria στη Γαλλία και Ιταλία. Χρησιμοποιείται ως βελτιωτικό γεύσης στα τρόφιμα, σε προϊόντα υγιεινής του στόματος (οδοντόπαστες, πλύματα κλπ). Το αιθέριο έλαιο περιέχει βιολογικά δραστικά ενώσεις και έχει αντιμικροβιακές, αντιμυκητιακές και εντομοαπωθητικές ιδιότητες (Prasad et al., 1986). Ενδιαφέρουσα είναι η αξιοποίησή του ως φυσικό συντηρητικό στη συσκευασία τροφίμων (Supracul et al., 2003). Στη λαϊκή θεραπευτική το φυτό είναι γνωστό για τις χωνευτικές, αντισπασμωδικές και τονωτικές ιδιότητές του. Είναι συστατικό αφεψημάτων (σε μίγμα με άλλες δρόγες), χορηγούμενο κυρίως σε διαταραχές του γαστρεντερικού. Λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας ορισμένων χημειοτύπων σε εστραγκόλη (μεθυλ-καβικόλη), η δρόγη πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή (όχι σε μικρά παιδιά) και όχι για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Στις ποσότητες που χρησιμοποιείται ως αρτυματικό-γευστικό, θεωρείται ότι δεν υπάρχει πρόβλημα. Το τσάι που παρασκευάζεται από τα φύλλα του χρησιμοποιείται κατά της ναυτίας.

## **1.2. Χημική σύσταση**

### **1.2.1 Αιθέριο έλαιο**

Το αιθέριο έλαιο αποτελεί βασικό συστατικό του βασιλικού. Η παραγωγή του αιθέριου ελαίου προκύπτει μόνο στην περίπτωση όπου καλλιεργείται ευρέως. Όταν η συγκομιδή του βασιλικού γίνεται κατά την περίοδο της ανθοφορίας, τότε υπάρχει μεγαλύτερη απόδοση, κατά μέσο όρο η απόδοση σε αιθέριο έλαιο αγγίζει το 0,4% (Πρακαση, 1990). Στην περίπτωση όπου μια καλλιέργεια υπάρχει τακτική άρδευση θα ήταν εφικτό να υπάρχει συγκομιδή από δύο έως τέσσερις φορές ανά έτος.

Το αιθέριο έλαιο του βασιλικού εκκρίνεται από αδενώδεις επιδερμικούς σχηματισμούς - εκκριτικά τριχίδια - που ανευρίσκονται κυρίως στα φύλλα. Παραλαμβάνεται με απόσταξη με ατμούς από το νωπό φυτό.

#### **Φυσικοχημικές σταθερές**

χρώμα: ελαφρά κιτρινωπό έως άχρωμο

πυκνότητα στους 25 °C: 0,891 έως 0,924

οπτική στροφική ικανότητα στους 20 °C: -7 °C έως -15 °C

δείκτης διαθλάσεως στους 20 °C: 1,473 - 1,490

μυρωδιά: ήπια με νότες γλυκάνισου, φρέσκια

Το «γνήσιο» αιθέριο έλαιο του γλυκού βασιλικού είναι ένα άχρωμο ή κιτρινωπό υγρό με ελαφρύ, φρέσκο, γλυκό-πικάντικο άρωμα ακολουθούμενο από ένα βαλσαμικό υπόβαθρο (Lawless, 1992). Η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο είναι συνήθως μικρότερη του 1.0 % και είναι ποικίλης σύνθεσης καθόσον, εκτός από την ύπαρξη διαφορετικών χημειοτύπων όπως προαναφέρθηκε, το στάδιο οντογένεσης του φυτού, ο χρόνος συγκομιδής, οι κλιματολογικές συνθήκες, το έδαφος κ.α. επηρεάζουν όχι μόνο την απόδοση, αλλά και τη σύνθεση του παραγόμενου αιθέριου ελαίου. Πρόσθετα, σημαντική επίδραση έχουν η μέθοδος παραλαβής του αιθέριου ελαίου, ο τρόπος ξήρανσης και σε ορισμένες περιπτώσεις το μέσον εδαφοκάλυψης. Τα σημαντικότερα συστατικά της αρωματικής του σύνθεσης είναι: η λιναλοόλη, η μεθυλο-καβικόλη (ή εστραγκόλη), η 1,8 κινεόλη, η ευγενόλη και μεθυλο-κινναμικός εστέρας (methylcinnamate), αν και όχι απαραίτητως με αυτήν την σειρά. Αρκετά αφρικανικά είδη περιέχουν αρκετές φορές και καμφορά.

Τα κύρια συστατικά του γλυκού βασιλικού είναι η λιναλοόλη (40 - 45 %), η

μεθυλο-καβικόλη 23.8 %) και η ευγενόλη σε μικρές ποσότητες και μεταξύ των άλλων λιμονένιο και κιτρονελλόλη. Η ποικιλία "bush basil" περιέχει κυρίως μεθυλ-καβικόλη (70 - 88 %) με λιναλοόλη κινεόλη, καμφορά, ευγενόλη, λιμονένιο και την κιτρονελλόλη σε μικρές ποσότητες (Lawless, 1992). Πάντως, πολλά από αυτά τα συστατικά κυμαίνονται αισθητά ανάλογα με τη χώρα προέλευσης και τα υβρίδιά τους.

Συνήθως, παρόντα στη σύνθεσή του είναι και μονοτερπένια (οκιμένιο, τερπινένιο, μυρκενίο, τερπινενόλη, γερανιόλη), σεσκιτερπένια (β-ελεμίνιο, βεργαμοτένιο, βισαβολένιο, καρυοφυλλένιο, τ-καδινόλη) και φενύλπροπανοειδή (μεθυλ-ευγενόλη) σε ποικίλα ποσοστά που επηρεάζουν έντονα το άρωμά του.

Τα σημαντικότερα από εμπορικής άποψης αιθέρια έλαια βασιλικού είναι του «ευρωπαϊκού τύπου» που παράγεται κυρίως στη Γαλλία, Ιταλία, Αίγυπτο και Ν. Αφρική και ο "τύπος Reunion". Κύρια συστατικά του ευρωπαϊκού τύπου είναι η λιναλοόλη και μεθυλ-καβικόλη, με επί πλέον μικρές ποσότητες 1,8 κινεόλης και ευγενόλης, ενώ στον "τύπο Reunion" κύριο συστατικό είναι η μεθυλ-καβικόλη που μπορεί να φθάσει έως και 80%. Επίσης στο εμπόριο φέρονται και κάποιες ποσότητες αιθέριου ελαίου από τη Βουλγαρία, γνωστού ως cinnamon basil (Schulz et al., 2003)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ

### 2.1. Γενικά για τα αντιοξειδωτικά

Τα αντιοξειδωτικά είναι ουσίες που εμποδίζουν ή επιβραδύνουν την οξείδωση των συστατικών των τροφίμων η οποία προκαλείται από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο. Τα περισσότερα αντιοξειδωτικά είναι αρωματικές ενώσεις, που διαθέτουν μία τουλάχιστον ελεύθερη υδροξυλική ή αμινική ομάδα. Οι σημαντικότερες ενώσεις που προστίθενται στα τρόφιμα ανήκουν στις πολυκυκλικές φαινόλες, με μία ή περισσότερες υδροξυλομάδες. Τα αντιοξειδωτικά χρησιμοποιούνται κυρίως σε συνδυασμό με τους λεγόμενους συνεργούς σταθεροποιητές και συμπλοκοποιητές. Τα μίγματα αυτά συντελούν στην ενεργοποίηση και την βελτίωση της αντιοξειδωτικής δράσης, στη διεύρυνση της εφαρμογής των αντιοξειδωτικών σε περισσότερες κατηγορίες τροφίμων, καθώς και στην ευκολότερη χρησιμοποίησή τους. Στην κατηγορία των συνεργών ουσιών ανήκουν διάφορες χημικές ενώσεις, όπως τα οξέα και τα άλατα. Τα αντιοξειδωτικά ανάλογα με τον τρόπο δράσης τους, μπορούν να χωριστούν στις εξής κατηγορίες:

**Πρωτογενή αντιοξειδωτικά:** Είναι συνήθως φαινολικές ενώσεις, που οδηγούν στον τερματισμό των αλυσιδωτών αντιδράσεων ελεύθερων ριζών. Στις αντιδράσεις αυτές παίζουν το ρόλο του δότη ηλεκτρονίων. Παραδείγματα πρωτογενών αντιοξειδωτικών αποτελούν οι φυσικές και συνθετικές τοκοφερόλες, το ΒΗΑ (βουτυλιωμένη υδροξυανισόλη), το ΒΗΤ (βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο), το ΤΒΗQ (tetr-βουτυλο-υδροκινόνη), κ.α.

**Δευτερογενή αντιοξειδωτικά:** Η δράση τους επικεντρώνεται στη διάσπαση των υδροϋπεροξειδίων των λιπιδίων (προϊόντα οξείδωσης), προς σταθερά τελικά προϊόντα, που δεν λαμβάνουν μέρος σε αλυσιδωτές αντιδράσεις. Τέτοια αντιοξειδωτικά είναι το διαρυλο-θειοδιπροπιονικό οξύ και ο αντίστοιχος εστέρας.

**Ενώσεις που απομακρύνουν το οξυγόνο:** Τα αντιοξειδωτικά αυτά αντιδρούν με το οξυγόνο και σχηματίζοντας ενώσεις με αυτό, εμποδίζουν την αντίδραση με τα λιπίδια που αποτελεί έναρξη της αυτοοξείδωσης. Την ικανότητα αυτή παρουσιάζουν αντιοξειδωτικά όπως το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), ο παλμιτικός εστέρας, το ερυθροβικό οξύ και τα άλατα του με νάτριο, κ.α..



Ενώσεις που δημιουργούν ενεργειακά σύμπλοκα (συνεργιστικές ενώσεις): Οι ενώσεις που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία σχηματίζουν χημικά σύμπλοκα με μεταλλικά ιόντα, όπως του χαλκού και του σιδήρου. Με τον τρόπο αυτό δεσμεύουν σωματίδια που δρουν ως εκκινητές της οξειδωσης. Παραδείγματα αποτελούν το κιτρικό οξύ, τα αμινοξέα, το αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ (EDTA), κ.α. ωστόσο για να εκδηλωθεί η αντιοξειδωτική τους δράση, πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με άλλο αντιοξειδωτικό.

### **2.1.1. Διάκριση αντιοξειδωτικών**

Τα αντιοξειδωτικά με βάση την προέλευση τους διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Συνθετικά αντιοξειδωτικά:** τα αντιοξειδωτικά αυτά συντίθενται βιομηχανικά. Πολλά από αυτά, αν και παρουσιάζουν ακόμη και έντονη αντιοξειδωτική δράση, δεν χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα τροφίμων, λόγω των αρνητικών επιπτώσεων τους στον ανθρώπινο οργανισμό. Συνθετικά αντιοξειδωτικά που επιτρέπονται ως πρόσθετα τροφίμων είναι το BHT, το BHA, το Trolox, το PG το TBHQ.
- **Φυσικά αντιοξειδωτικά:** η πλειοψηφία των φυσικών αντιοξειδωτικών είναι φαινολικές ενώσεις οι οποίες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: τις τοκοφερόλες, τα φλαβονοειδή, και τα φαινολικά οξέα.

### **2.2.1 Αντιοξειδωτικά στα μπαχαρικά και στα βότανα**

Τα μπαχαρικά και βότανα αποτελούν κοινά πρόσθετα τροφίμων, τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί ως αρωματικές ουσίες, καρυκεύματα, και χρωστικές και ενίοτε ως συντηρητικά, σε όλο τον κόσμο εδώ και χιλιάδες χρόνια, κυρίως στην Ινδία, στην Κίνα, καθώς και σε πολλές άλλες νοτιοανατολικές Ασιατικές χώρες. Ενώ προσδίδουν χρώμα και γεύση στο φαγητό, ορισμένα μπαχαρικά έχουν θεωρηθεί από καιρό ότι έχουν φαρμακευτική αξία και έχουν χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά σε παραδοσιακά συστήματα της ιατρικής (Nadkarni K.M και Nadkarni A.K, 1976).

Εκτός από τη παραδοσιακή χρήση, μια σειρά από ευεργετικά φυσιολογικά αποτελέσματα έχουν φέρει στο προσκήνιο από εκτεταμένες μελέτες σε ζώα κατά τη

διάρκεια των τριών τελευταίων δεκαετιών (Srinivasan, 2005). Μεταξύ αυτών είναι οι ευεργετικές επιδράσεις τους στο μεταβολισμό των λιπιδίων (Naidu et al. 2002, Manjunatha et al. 2007, η διεγερτική δράση στο πεπτικό, αντικαρκινικό δυναμικό (Lampe, 2003), αντιοξειδωτικές και αντι-φλεγμονώδεις ιδιότητες (Srinivasan, 2005β). Πολλές από τις προηγούμενες μελέτες όσον αφορά τα βότανα και τα μπαχαρικά αποδεικνύουν την ύπαρξη βιοδραστικών ενώσεων με αντιοξειδωτική δράση. Η αντιοξειδωτική ιδιότητα αποδόθηκε στην ύπαρξη φαινολικών δακτυλίων σε αυτά τα μόρια. Οι έρευνες για τον μηχανισμό δράσης αυτών των μορίων έχουν ρίξει φως στο γεγονός ότι οι πολυφαινόλες, δεν μπορεί απλώς να ασκούν τη δράση τους ως δεσμευτές ελεύθερων ριζών, αλλά μπορεί επίσης να ρυθμίσουν τις διαδικασίες κυτταρικής σηματοδότησης κατά τη διάρκεια της φλεγμονής ή μπορούν οι ίδιες να δράσουν ως παράγοντες σηματοδότησης. Επιπλέον, η πιο πρόσφατη μεγάλη βάση δεδομένων, αντιοξειδωτικών τροφών (Carlsen et al., 2010), που αναπτύχθηκε από την ανάλυση 3.100 τροφίμων, ποτών, τα μπαχαρικών, και βοτάνων, δείχνει ότι τα πιο πλούσια σε αντιοξειδωτικά, προϊόντα στη διατροφή του ανθρώπου είναι τα μπαχαρικά και τα βότανα, μερικά από αυτά εξαιρετικά υψηλά.

Πίνακας 2.1: Αντιοξειδωτικό περιεχόμενο μπαχαρικών και των βοτάνων

	Antioxidant content mmol/100 g <sup>ab</sup>	n	Min	Max
Allspice, dried ground	100.4	2	99.28	100.40
Basil, dried	19.9	5	9.86	30.86
Bay leaves, dried	27.8	2	24.29	31.29
Cinnamon sticks and whole bark	26.5	3	6.84	40.14
Cinnamon, dried ground	77.0	7	17.65	139.89
Clove, dried, whole and ground	277.3	6	175.31	465.32
Dill, dried ground	20.2	3	15.94	24.47
Estragon, dried ground	43.8	3	43.22	44.75
Ginger, dried	20.3	5	11.31	24.37
Mint leaves, dried	116.4	2	71.95	160.82
Nutmeg, dried ground	26.4	5	15.83	43.52
Oregano, dried ground	63.2	9	40.30	96.64
Rosemary, dried ground	44.8	5	24.34	66.92
Saffron, dried ground	44.5	3	23.83	61.72
Saffron, dried whole stigma	17.5	3	7.02	24.83
Sage, dried ground	44.3	3	34.88	58.80
Thyme, dried ground	56.3	3	42.00	63.75

<sup>ab</sup> mean value when n > 1

(Carlsen, M. H., et al. The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. *Nutr. J.* 2010: 9:3.)

Η αυξημένη συγκέντρωση των αντιοξειδωτικών που παρατηρούνται σε αρκετά αποξηραμένα βότανα σε σύγκριση με τα φρέσκα δείγματα, είναι ένα φυσιολογικό επακόλουθο της διαδικασίας ξήρανσης αφήνοντας τα περισσότερα από τα αντιοξειδωτικά που υπάρχουν στο φρέσκο φυτικό ιστό, άθικτα, στο ξηραμένο τελικό προϊόν. Οι δραστικές ουσίες στα μπαχαρικά και βότανα με βιολογικές δραστηριότητες δεν είναι άλλοι από δευτερογενείς μεταβολίτες που παράγονται από φυτά. Τα κυριότερα φυτοχημικά απομονώνονται από βότανα και μπαχαρικά και

περιλαμβάνουν: τερπένια (θυμόλη, καρβακρόλη, καρνοσικού οξύ, καρνοσόλη, και ροσμανόλη), hidroxcinnamic οξέα και παράγωγα (καφεϊκό οξύ, φερουλικό οξύ, πικουμαρικό, ροσμαρινικού οξύ, ευγενόλη, και η κουρκουμίνη), φλαβονοειδή (κερκετίνη, luteolin, και η απιγενίνη). Οι αντιοξειδωτικές και αντι-φλεγμονώδεις δραστηριότητες των βοτάνων και μπαχαρικών έχουν συσχετιστεί με τις τρεις κύριες ομάδες ενώσεων: τερπένια, φαινολικά οξέα και φλαβονοειδή.

Φαινολικά τερπένια: Τα μονοτερπένια (C10) σχηματίζονται από τη σύζευξη δύο μονάδων ισοπρενίου (C10). Αυτά είναι τα πιο αντιπροσωπευτικά μόρια, που αποτελούν το 90% των αιθέριων ελαίων, και άποψη της υγείας, το πιο σημαντικό είναι η θυμόλη και η καρβακρόλη. Οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες της θυμόλης και καρβακρόλης έχουν καταδειχθεί σε διάφορες μελέτες, υποδεικνύοντας τους χρήση ως τροποφάρμακα (nutraceutical) στην ανάπτυξη νέων λειτουργικών τροφίμων. Τα παράγωγα της θυμόλης και καρβακρόλης έχουν χαρακτηριστεί ως αντιοξειδωτικά, με τη μέθοδο (DPPH) (Masteli'c et al., 2008). Και αιθέρια έλαια της ρίγανης και τα συστατικά τους (καρβακρόλη και θυμόλη) αναστέλλουν τον σχηματισμό 3-νιτροτυροσίνης, που αποτελεί δείκτη του οξειδωτικού στρες,(Prieto et al., 2007).

Επίσης, θυμόλη και καρβακρόλη είναι δραστικά στην πρόληψη της αυτο-οξείδωσης των λιπιδίων (Yanishlieva et al., 2006). Σε μια άλλη πρόσφατη μελέτη, προσδιορίστηκε η αντιοξειδωτική δράση των αιθέριων ελαίων της ρίγανης και του θυμαριού, και των υδατικών εκχυλισμάτων τσαγιού, σχετικά με την ευαισθησία στην οξείδωση της LDL. Τα αποτελέσματα δείχνουν μια δόσοεξαρτώμενη προστατευτική επίδραση τόσο των αιθέριων ελαίων όσο και των υδατικών εκχυλισμάτων τσαγιού στην οξείδωση της LDL που προκαλείται από το χαλκό. Η προστατευτική δράση αποδίδεται στην παρουσία φαινολικών μονοτερπένιων, θυμόλης και καρβακρόλης, οι οποίες προσδιορίζονται ως τα κυριότερα συστατικά των αιθέριων ελαίων της ρίγανης και του θυμαριού. Η ισχυρή προστατευτική επίδραση των υδατικών εκχυλισμάτων του τσαγιού αποδίδεται και στην παρουσία δύο άλλων πολυφαινολικών συστατικών όπως ροσμαρινικό οξύ και διάφορα φλαβονοειδή. Το Καρνοσικό οξύ και η καρνοσόλη, είναι τα κύρια διτερπένια σε αρωματικά βότανα, μαζί με ροσμαρινικό οξύ, έναν εστέρα υδροξυκινναμικού οξέος, είναι τα κύρια αντιοξειδωτικά συστατικά που υπάρχουν στο δενδρολίβανο (Wellwood et al. 2004). Μεταξύ των φυτικών εκχυλισμάτων που έχουν αναφερθεί ότι έχουν αντιοξειδωτική δράση, το δενδρολίβανο είναι ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα και διατιθέμενα στο

εμπόριο εκχυλίσματα φυτών, όχι μόνο ως μαγειρικό βότανο για το άρωμά του αλλά και ως αντιοξειδωτικό σε επεξεργασμένα τρόφιμα και τα καλλυντικά (Zheng et al., 2001). Καρνοσικό οξύ και καρνοσόλη, μαζί με άλλα ισοπρενοειδή όπως στερόλες, τοκοφερόλες, ή καροτενοειδή, παίζουν φωτοπροστατευτικό ρόλο και θεωρούνται βιοδραστικά συστατικά. (Almela et al., 2006). Σε μια πολύ πρόσφατη μελέτη, έχει αποδειχθεί η αντι-φλεγμονώδης δραστηριότητα των διαφόρων φρούτων, βότανων, μπαχαρικών (Mueller et al., 2010). Το φασκόμηλο, ένα βότανο πλούσιο σε καρνοσόλη και καρνοσικού οξύ, παρουσίασε αντιφλεγμονώδη δραστηριότητα, βελτίωση του αντιφλεγμονώδους προφίλ των εκκρινόμενων κυτοκινών και αναστολή ιδίως της έκφρασης των προφλεγμονωδών ενζύμων.

Υδροξυκινναμικά Οξέα και Παράγωγα: Μελέτες πάνω στην αντιοξειδωτική δραστηριότητα των υδροξυκινναμικών οξέων δείχνουν ότι αυτές οι φαινολικές ενώσεις μπορούν να προστατεύσουν τον οργανισμό από χρόνιες παθήσεις που συνδέονται με την οξειδωτική βλάβη όπως ο καρκίνος, καρδιαγγειακά νοσήματα, η υπέρταση, και νευροεκφυλιστικές διαταραχές (Shahidi et al., 2010). Μεταξύ αυτών, η αναστολή της υπεροξειδωσης LDL με χορήγηση αντιοξειδωτικών έχει γίνει από τις πιο ελκυστικές θεραπευτικές στρατηγικές για την πρόληψη της αθηροσκλήρωσης. .

Το p-κουμαρικό βρίσκεται σε αξιόλογες ποσότητες στην ρίγανη (Shan et al., 2005), και υπάρχουν ενδείξεις ότι έχει αντιοξειδωτική δράση *in vivo*, προστατεύοντας την οξείδωση της LDL και τη μείωση των επιπέδων της LDL στον ορό (Zang et al., 2000). Η Ευγενόλη (4-αλλυλο-2 μεθοξυφαινόλη), κύριο συστατικό στα γαρύφαλα (Shan et al., 2005), είναι γνωστή για το άρωμά της και τις φαρμακευτικές της αξίες. Το ροσμαρινικό οξύ βρίσκεται φυτά (Lamiaceae), όπως ο βασιλικός (*Ocimum spp.*), το δενδρολίβανο (*Rosmarinus spp.*), το θυμάρι (*Thymus spp.*), η μέντα (*Mentha spp.*), και η ρίγανη (*Origanum spp.*).

Τα φλαβονοειδή: Οι περισσότερες τάξεις των φλαβονοειδών υπάρχουν στα βότανα και μπαχαρικά. Τα φλαβονοειδή δεν υπερβαίνουν γενικά ~0.2-0.4 g / kg σε Lamiaceae (χειλανθή) βότανα, αλλά μπορεί να φτάσουν στο~1.5-3 g / kg σε Apiaceae βότανα, ~ 3,5 g / kg στα γαρύφαλλα, και περίπου 7 g / kg στα φύλλα δάφνης (Shan et al., 2005). Παρά τη χαμηλή τους συγκέντρωση, έχει αποδειχθεί ότι τα φλαβονοειδή είναι πολύ ισχυρά αντιοξειδωτικά με ενδιαφέρουσες βιολογικές δραστηριότητες. Υπάρχει μια μεγάλη λίστα με στοιχεία από επιδημιολογικές μελέτες ότι η μακροχρόνια χορήγηση των φλαβονοειδών μπορεί να μειώσει, ή τουλάχιστον, έχουν

την τάση να μειώσουν, τη συχνότητα εμφάνισης των CVDs και τις συνέπειες τους. (Aherne et al. 2002, Mennen et al. 2004).

Η κερκετίνη ανήκει στις φλαβονόλες και βρίσκεται σε μεγάλη ποσότητα στον άνηθο (Προεστός, 2005). Το φλαβονοειδές κερκετίνη έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα εξαιρετικό αντιοξειδωτικό που έχει επίσης αντι-φλεγμονώδη, αντιπολλαπλασιαστική καθώς επίσης και ρυθμιστική ικανότητα στην έκφραση γονιδίων. Οι Φλαβόνες είναι πολύ λιγότερο συχνές από ότι οι φλαβονόλες στα φρούτα, λαχανικά και βότανα. Φλαβόνες αποτελούνται κυρίως από γλυκοζίτες λουτεολίνης και απιγενίνης. Μία από τις πιο σημαντικές βρώσιμες πηγές φλαβόνων που έχουν ταυτοποιηθεί μέχρι σήμερα σε βότανα και μπαχαρικά είναι ο μαϊντανός, ο οποίος περιέχει ένα μεγάλο ποσό από απιγενίνη (2 g / kg). Η λουεολίνη είναι επίσης κύριο φλαβονοειδών στο θυμάρι και την μέντα (Προεστός, 2005). Και οι δύο ενώσεις έχουν συνδεθεί με αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση (Lee et al., 2010).

### **2.2.2. Δημιουργία ελεύθερων ριζών**

Η πρόσφατη ανάπτυξη των γνώσεων στη βιολογία σχετικά με τις ελεύθερες ρίζες και τα δραστικά είδη οξυγόνου έστρεψε το ενδιαφέρον των ερευνητών σε νέες μελέτες προκειμένου να διευκρινισθούν τα συστήματα που εμπλέκονται στη δημιουργία των ελεύθερων ριζών καθώς και για τα τρόφιμα και τις ουσίες που τις προκαλούν ή τις αναστέλλουν. Τα μόρια αποτελούνται από έναν ή περισσότερους ατομικούς πυρήνες οι οποίοι περιβάλλονται από ηλεκτρόνια τα οποία περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα. Τα ηλεκτρόνια είναι διευθετημένα σε τροχιακά, τα οποία βρίσκονται σε διαφορετικές αποστάσεις από τον πυρήνα. Τα ηλεκτρόνια που καταλαμβάνουν ένα τροχιακό, μπορεί να είναι είτε σε ζεύγη είτε ασύζευκτα (μονήρη ηλεκτρόνια). Τα ηλεκτρόνια κάθε ζεύγους έχουν αντίρροπο spin. Η ύπαρξη συζευγμένων ηλεκτρονίων συμβάλλει στη σταθερότητα του μορίου - μικρότερη ενεργειακή κατάσταση - και ως εκ τούτου λιγότερο δραστικό. Όταν ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια, ιδιαίτερα αυτά που βρίσκονται στα εξωτερικά τροχιακά του ατόμου, είναι ασύζευκτα, τότε το μόριο γίνεται ασταθές - σε μεγαλύτερη ενεργειακή κατάσταση - και συνεπώς πιο δραστικό από άλλα μόρια. Άτομα ή μόρια με ασύζευκτα ηλεκτρόνια ονομάζονται παραμαγνητικά, ενώ όταν δεν διαθέτουν τέτοια ηλεκτρόνια, διαμαγνητικά. Ένα ασύζευκτο ηλεκτρόνιο ασκεί έλξη στα ηλεκτρόνια γειτονικών ατόμων με αποτέλεσμα την πρόκληση χημικών αντιδράσεων μεταξύ ατόμων ή μορίων, κατά τις οποίες έχουμε μεταφορά ηλεκτρονίων Ένα άτομο ή μόριο με ένα ή περισσότερα ασύζευκτα ηλεκτρόνια και ανεξάρτητη παρουσία λέγεται ελεύθερη ρίζα και συμμετέχει πολύ εύκολα σε αντιδράσεις

οξειδοαναγωγής με γειτονικά μόρια. Υπάρχουν και οι διρίζες όπου δύο ασύζευκτα ηλεκτρόνια βρίσκονται σε κάποια απόσταση μεταξύ τους αλλά στο ίδιο μόριο. Κατά τις αντιδράσεις αυτές όχι μόνο μεταβάλλονται σημαντικά τα γειτονικά μόρια στόχοι, αλλά μερικές φορές μεταβιβάζονται τα ασύζευκτα ηλεκτρόνια από στόχο σε στόχο, δημιουργώντας έτσι μία δεύτερη, τρίτη κ.ο.κ. ελεύθερη ρίζα υπό μορφή αλυσιδωτής αντίδρασης. Η πολύ μεγάλη βλαπτική επίδραση των ελευθέρων ριζών οφείλεται ακριβώς στον πολλαπλασιασμό των μεταβολών που προκαλούνται από παρόμοιες αλυσιδωτές αντιδράσεις. Μια ποικιλία ελευθέρων ριζών σχηματίζεται καθημερινά στον οργανισμό μας, από αιτίες όπως υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου, έκθεση σε ουσίες όπως το όζον, η αιθαλομίχλη, χημικά και φάρμακα καθώς και κατά τη διάρκεια φυσιολογικών λειτουργιών. Οι πλέον σημαντικές ελεύθερες ρίζες είναι μοριακά είδη με κέντρο το οξυγόνο και μερικές φορές το άζωτο ή τον άνθρακα. Το ίδιο το οξυγόνο που αναπνέουμε αποτελεί μία ελεύθερη ρίζα, αφού περιέχει δύο ασύζευκτα ηλεκτρόνια που βρίσκονται σε δύο διαφορετικά τροχιακά. Συνολικά όλα τα μοριακά είδη που περιλαμβάνουν οξυγόνο, είτε είναι ελεύθερες ρίζες είτε όχι, ονομάζονται δραστικά είδη οξυγόνου (ΔΕΟ).

Πίνακας 2.2. Δραστικές μορφές οξυγόνου και αζώτου

ΕΝΩΣΗ	ΟΝΟΜΑ
<i>Ελεύθερες Ρίζες</i>	
$O_2^{\bullet -}$	ανιόν σουπεροξειδίου
$HO_2^{\bullet}$	υδροϋπεροξειδική ρίζα
$OH^{\bullet}$	ρίζα υδροξυλίου
$RO^{\bullet}$	ρίζα αλκοξειδίου
$ROO^{\bullet}$	ρίζα υπεροξειδίου
<i>Μη Ελεύθερες Ρίζες</i>	
$H_2O_2$	υπεροξειδίο του υδρογόνου
$ROOH$	οργανικά υπεροξειδία
$O_2^{\bullet}$	μονήρες οξυγόνο
$O_3$	όζον
$HCIO$	υποχλωριώδες οξύ
<i>Δραστικές Μορφές Αζώτου</i>	
$NO_2^{\bullet}$ και $NO^{\bullet}$	διοξειδίο και μονοξειδίο του αζώτου
$ONOO^-$	υπεροξυνιτρώδες

Οι ελεύθερες ρίζες αναπτύσσονται ενδογενώς στον οργανισμό σε ένα σύνολο μεταβολικών διαδικασιών και αυξάνονται από εξωτερικούς παράγοντες επιβαρυντικούς για την υγεία όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση, το κάπνισμα, το άγχος της καθημερινότητας, η σωματική κόπωση, η κακή διατροφή, τα χημικά πρόσθετα των τροφών, η έκθεση στην έντονη ηλιακή ακτινοβολία καθώς και η λήψη φαρμάκων.

### **2.2.3. Βλάβες που προκαλούν οι ελεύθερες ρίζες**

Οι ελεύθερες ρίζες είναι υψηλής δραστηριότητας μόρια, που μπορούν να αντιδράσουν με όλα τα βασικά συστατικά του κυττάρου και εύκολα να οξειδώσουν και να τροποποιήσουν ζωτικά βιολογικά μόρια όπως υδατάνθρακες, λίπη, πρωτεΐνες και DNA, όπως και τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα που είναι ενσωματωμένα στις κυτταρικές μεμβράνες και είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην οξείδωση.

### **2.3. Δράση των αντιοξειδωτικών**

Η δράση των αντιοξειδωτικών στηρίζεται στην απομάκρυνση ή την εξουδετέρωση των ROO\* και R\* ελεύθερων ριζών και σε ορισμένες περιπτώσεις στην πλήρη αναστολή της οξείδωσης (στα σουλφονικά, στη διάσπαση από τα υπεροξειδία). Επειδή τα περισσότερα αντιοξειδωτικά δημιουργούν αλυσιδωτές αντιδράσεις, επιταχύνουν την παραγωγή ελεύθερων ριζών ROO\* και R\*, με τη δημιουργία μιας ανενεργού και αντιοξειδωτικής ελεύθερης ρίζας.

Επιγραμματικά αποδεικνύεται, πως όλοι οι αναστολείς της οξείδωσης πρέπει αφ' ενός να είναι ενεργοί, ώστε να αντιδρούν με τις ελεύθερες ρίζες και να διασπάσουν την αλυσίδα και αφετέρου μεταφορικά ενεργά, για να αποφευχθεί η άμεση αντίδραση του οξυγόνου με την ανταλλασσόμενη ελεύθερη ρίζα. Η μεγάλη δραστηριότητα των αντιοξειδωτικών, σε συνδυασμό με τις υψηλές συγκεντρώσεις κατά τη φάση της διάδοσης, μπορεί για παράδειγμα να οδηγήσει στη λειτουργία των αντιοξειδωτικών ως μεταφορέων και κατά συνέπεια στη δράση τους ως προοξειδωτικά. Όλοι αυτοί οι παράγοντες καθιστούν ολοφάνερο πως, η προσθήκη των αντιοξειδωτικών πρέπει να γίνεται πολύ πριν από το στάδιο της προαγωγής (διάδοση). Αν όμως στο υπόστρωμα αυξηθεί η συγκέντρωση των ελεύθερων ριζών, τότε το προστιθέμενο αντιοξειδωτικό

ανταποκρίνεται γρήγορα και θα καταναλωθεί, οπότε είναι πλέον αδύνατον να επιβραδυνθεί με παρεμβολή η πρόοδος της αλυσιδωτής αντίδρασης.

### **2.3.1. Προσδιορισμός αντιοξειδωτικής ικανότητας**

Έχουν αναπτυχθεί ποικίλες μέθοδοι για τον προσδιορισμό της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας διαφόρων βιολογικών δειγμάτων, όπως το πλάσμα ή ο ορός, το κρασί, τα φρούτα και τα λαχανικά, ή ζωικοί ιστοί. Οι μέθοδοι αυτοί είναι απαραίτητοι λόγω: (α) της δυσκολίας της μέτρησης κάθε αντιοξειδωτικού συστατικού ξεχωριστά και (β) των πιθανών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των διαφόρων αντιοξειδωτικών συστατικών σε πολύπλοκα βιολογικά δείγματα. Ο προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής δράσης ενός δείγματος περιλαμβάνει κυρίως την ικανότητα του δείγματος να δώσει ηλεκτρόνια (ή άτομα υδρογόνου) σε ένα ειδικό ΔΕΟ ή σε κάθε δέκτη ηλεκτρονίων. Το προϊόν της αντίδρασης αυτής μετράται τελικά με μία αναλυτική μέθοδο όπως αυτές που αναφέρθηκαν στην περίπτωση προσδιορισμού των ΔΕΟ. Παρακάτω αναφέρονται μερικές από τις σπουδαιότερες μεθόδους μέτρησης αντιοξειδωτικής δράσης.

Για τη μέτρηση της αντιοξειδωτικής δράσης καθαρών ενώσεων, συστατικών τροφίμων ή κυτταρικών εκχυλισμάτων χρησιμοποιείται η αντίδραση των αντιοξειδωτικών με σταθερές έγχρωμες ελεύθερες ρίζες (ABTS, DPPH) η οποία έχει ως αποτέλεσμα τον αποχρωματισμό τους. Η μέθοδος ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity / Ικανότητα Απορροφητικότητας Ριζών Οξυγόνου) στηρίζεται στην ελάττωση του φθορισμού ορισμένων ουσιών (φυκοερυθρίνες) με την προσθήκη ελευθέρων ριζών. Η δράση αυτή των ελευθέρων ριζών αναστέλλεται παρουσία των αντιοξειδωτικών. Με τη μέθοδο EPR μπορούμε να προσδιορίσουμε την αντιοξειδωτική δράση ουσιών με βάση την ελάττωση του EPR σήματος συγκεκριμένων ελευθέρων ριζών μετά την αντίδραση τους με το αντιοξειδωτικό παρουσία μιας παγίδα σπιν. Η μέθοδος FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power/Αντιοξειδωτική Ισχύς Αναγωγής Τρισθενούς Σιδήρου) στηρίζεται στην αναγωγή ενός συμπλόκου του τρισθενούς σιδήρου από το αντιοξειδωτικό προς ένα προϊόν με έντονο κυανούν χρώμα. Η μέθοδος TRAP (Total Peroxyl Radical-Trapping Potential/ Συνολικό Δυναμικό Παγίδευσης Ριζών Υπεροξειδίου) Βασίζεται στην αντίδραση ελευθέρων ριζών υπεροξειδίου με μία ουσία, τη λουμινόλη. Το προϊόν της αντίδρασης είναι μία ρίζα λουμινόλης η οποία εκπέμπει φως (χημειοφωταύγεια) το οποίο και μετράται. Παρουσία αντιοξειδωτικών, η χημειοφωταύγεια ελαττώνεται.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΟ ΑΖΩΤΟ ΚΑΙ Ο ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ**

### **3.1 Το άζωτο ως στοιχείο**

Το άζωτο είναι αέριο, άχρωμο, άοσμο, άγευστο, πιο ελαφρύ από τον αέρα και καταλαμβάνει το 78% του όγκου του. Ο τριπλός δεσμός που δημιουργείται ανάμεσα στα δύο άτομα που αποτελούν το μόριο του αζώτου ( $N_2$ ), θεωρείται από τους ισχυρότερους στη φύση, με αποτέλεσμα να είναι αδρανές αέριο, ιδιαίτερα σε συνηθισμένες θερμοκρασίες. Διαλύεται ελάχιστα στο νερό, δεν είναι δηλητηριώδες αέριο αλλά ασφυκτικό. Δεν καίγεται αλλά έχει παρατηρηθεί ότι ορισμένα στοιχεία μπορούν να “καούν” σε άζωτο, όπως το μαγνήσιο στους 300°C και το λίθιο ακόμα και σε θερμοκρασία δωματίου, παράγοντας κρυσταλλικά μεταλλικά νιτρίδια. Όταν θερμανθεί υπό πίεση με το υδρογόνο παρουσία καταλύτη, σχηματίζεται αμμωνία.

Το άζωτο αποτελεί συστατικό πολλών βιομορίων όπως των νουκλεϊνικών οξέων, πρωτεϊνών, βιταμινών, πουρίνων, αλκαλοειδών και άλλα. Αν και το άζωτο αφθονεί στην ατμόσφαιρα, δεν μπορεί να αξιοποιηθεί από τους παραγωγούς στη μορφή με την οποία βρίσκεται σ' αυτή (μοριακό άζωτο). Για το λόγο αυτό η εισαγωγή του ατμοσφαιρικού αζώτου στις τροφικές αλυσίδες των οικοσυστημάτων γίνεται με τη διαδικασία της αζωτοδέσμευσης, η οποία μετατρέπει το ατμοσφαιρικό άζωτο σε μορφές αξιοποιήσιμες από τους παραγωγούς.

### **3.2 Φυσιολογική δράση**

Το άζωτο αποτελεί συστατικό όλων των ζωντανών κυττάρων. Αποτελεί μέρος στο μόριο των πρωτεϊνών, νουκλεοξέων, αμινοξέων, των ένζυμων και των συνενζύμων καθώς και της χλωροφύλλης. Πήρε το όνομα αυτό, άζωτο, επειδή χωρίς την ύπαρξη του δεν θα μπορούσε να υπάρξει ζωή.

Είναι, επομένως, καταφανής η σημασία του αζώτου για τη ζωή των κυττάρων και τη σύνθεση των πρωτεϊνούχων δομικών στοιχείων του πρωτοπλάστη, καθώς και της κληρονομικής ουσίας DNA και του μηχανισμού της πρωτεϊνόςύνθεσης (είδη RNA).

Το άζωτο συντελεί στην ανάπτυξη των ριζών. Γι' αυτό τα κονδυλόριζα αφαιρούν τις μεγαλύτερες ποσότητες αζώτου από το έδαφος. Μεγάλες ποσότητες αζώτου

ελαττώνουν το σάκχαρο των τεύτλων, ενώ αυξάνουν την ποσότητα των νιτρικών σ' αυτά .

Το πλάγιασμα των δημητριακών συσχετίζεται με τη περίσσεια αζώτου και ελαττωμένη ξηρή ουσία. Περίσσεια αζώτου επιβραδύνει την ωρίμανση γιατί παρεμποδίζει την αφυδάτωση των φυτών.

Τα φυτά που υποφέρουν από έλλειψη αζώτου, παρουσιάζουν τα ώριμα φύλλα τους κίτρινα και απονεκρωμένα, ενώ τα νεώτερα φύλλα παραμένουν πρασινωπά. Γενικά, τα φυτά με τροφοπενία αζώτου περιέχουν μόνο πρωτεΐνες, οι οποίες και υδρολύονται για να προσφέρουν αμινοξέα στα τμήματα του φυτού που τα έχουν ανάγκη.

Σαν δείκτες για την έλλειψη αζώτου από το έδαφος χρησιμοποιούνται το καλαμπόκι, η μηλιά, η ροδακινιά και τα εσπεριδοειδή. Ο εφοδιασμός των καλλιεργειών σε άζωτο καθορίζει κατά μεγάλο μέρος την αύξηση, την ανάπτυξη και την παραγωγή των φυτών. Η έλλειψη του αζώτου από το έδαφος είναι πάντοτε πιθανή, γιατί οι καλλιέργειες απομακρύνουν μεγάλες ποσότητες από το στοιχείο. Το άζωτο επομένως είναι στοιχείο με το οποίο πάντοτε λιπαίνονται τα χωράφια.

Τα φυτά προσλαμβάνουν το άζωτο που χρειάζονται ως αμμωνιακό ή νιτρικό ιόν. Ποιο από τα δυο αυτά ιόντα θα προτιμήσει το φυτό εξαρτάται από εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες .

Καμία φορά, παρατηρείται συσσώρευση νιτρικών στα φυτά, όταν αυτά δεν μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν όπως, στην περίπτωση που δεν υπάρχουν επαρκείς ποσότητες υδατανθράκων. Νιτρικά συσσωρεύονται περισσότερο στα ετήσια αγρωστώδη και λιγότερο στα διετή και πολυετή αγρωστώδη ή ψυχανθή. Επίσης, μεγαλύτερες ποσότητες παρατηρούνται στους μίσχους και στους βλαστούς, παρά στα φύλλα. Η ποσότητα των νιτρικών που υπάρχει στα φυτά και θα μπορούσε να προκαλέσει τοξικά φαινόμενα στα ζώα, δεν έχει ακριβώς καθοριστεί. Πιστεύεται ότι, όταν το ολικό άζωτο υπερβαίνει το 2,5% στα αγρωστώδη και το 3% στα ψυχανθή, είναι ενδεικτικό της πιθανότητας να εμφανιστούν τοξικά συμπτώματα

Οι παράγοντες που είναι υπεύθυνοι για την παρουσία αυξημένων ποσοτήτων νιτρικών στα φυτά, αναφέρονται παρακάτω:

A) η χρησιμοποίηση νιτρικών λιπασμάτων σε ποσότητες μεγαλύτερες από αυτές που χρειάζονται τα φυτά.

B) η χρήση του 2,4D(2,4-διγλωροφαινοξυοξικού οξέος ).

Γ) η έλλειψη αφομοιώσιμου μολυβδαινίου στο έδαφος .

Τα νιτρικά, όταν ανάγονται σε νιτρώδη, προκαλούν τοξικά φαινόμενα στους ζωικούς οργανισμούς, γιατί κατά την αναγωγή τους οξειδώνεται η αιμογλοβίνη και γίνεται ανίκανη να μεταφέρει οξυγόνο. Τα νιτρικά ανάγονται, επίσης, σε νιτρώδη από σαπροφυτικά και παρασιτικά βακτήρια. Μεγάλες ποσότητες νιτρωδών έχουν βρεθεί σε αποθηκευμένα λαχανικά, ιδίως σπανάκια, μαρούλια και σαλατικά.

Μεγάλη χρήση νιτρικών και νιτρωδών γίνεται κατά τη διατήρηση των κρεάτων και ψαριών. Στις Η.Π.Α οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται ανέρχονται σε 200-500 p.p.m. έτσι ο άνθρωπος παίρνει με τις κονσερβοποιημένες τροφές νιτρώδη σε ποσότητες που ανέρχονται στο 22  $\mu\text{moles}$  ή 1,5mg  $\text{NaNO}_2$  την ημέρα. Η ποσότητα των νιτρωδών εμφανίζει τελευταία ιδιαίτερο ενδιαφέρον, γιατί έχει διαπιστωθεί ότι τα νιτρώδη όταν αντιδρούν με ορισμένες δευτεροταγείς αμίνες, σχηματίζουν νιτροζαμίνες, που είναι ενώσεις καρκινογόνες για τον άνθρωπο.

### **3.3. Λίπανση και συσσώρευση νιτρικών**

Η αποφυγή της συσσώρευσης των  $\text{NO}_3^-$ , σύμφωνα με τα όρια που έχουν θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση και τους διεθνείς οργανισμούς αποτελεί πλέον υποχρέωση των παραγωγών λαχανικών. Είναι προφανές ότι ο παράγοντας πάνω στον οποίο χρειάζεται να παρέμβουμε καταρχήν είναι το άζωτο. Τα αζωτούχα λιπάσματα (νιτρική αμμωνία, νιτρικό ασβέστιο, κ.λ.π.) ευνοούν τη συσσώρευση των νιτρικών μολονότι, διεγείροντας τη δράση της ρεδουκτάσης των νιτρικών, επιταχύνουν τους ρυθμιστές ανάπτυξης των φυτών (γνωρίζουμε ότι τα καλύτερα λαχανικά είναι εκείνα που παράγονται σε μικρό χρονικό διάστημα), με βάση το μέσο όρο του καλλιεργητικού κύκλου του κάθε είδους και της κάθε ποικιλίας.

Από έρευνες που έγιναν, βρέθηκε ότι η χρήση οργανικών ή αμμωνιακών λιπασμάτων ευνοούν τη συσσώρευση νιτρικών στα φυτά. Τα αμμωνιακά λιπάσματα (ουρία, θειικό αμμώνιο, κ.λ.π.) περιορίζουν τον κίνδυνο της συσσώρευσης των νιτρικών, τουλάχιστον μέχρις ότου δε μετατρέπονται με τη σειρά τους σε νιτρικό άζωτο στο έδαφος.

Συνεπώς και στις δύο περιπτώσεις είναι βασικό να προσέξουμε τη δόση και την εποχή χορήγησης των αζωτούχων λιπασμάτων. Οι μειωμένες δόσεις και η εποχή χορήγησης της τελευταίας δόσης (να απέχει πολύ από τη συλλογή) μπορούν να αποτελέσουν μεθόδους μείωσης των ποσοστών συσσώρευσης του νιτρικού αζώτου στους ιστούς των πιο επικίνδυνων ειδών.

Δεν θα πρέπει να υποβαθμίζεται, ωστόσο, το νιτρικό άζωτο που περιέχει το έδαφος (το φυσικό) και που μπορεί να σχηματιστεί κατά τρόπο ανεξέλεγκτο μετά την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας (λόγου χάριν μετά από αμειψισπορά ψυχανθών ή χλωρής λίπανσης). Γι' αυτό το λόγο αυτοί οι τύποι εδαφών θα πρέπει να αποκλείονται από την καλλιέργεια εκείνων των λαχανικών, που είναι ικανά να συγκεντρώσουν μεγάλες ποσότητες νιτρικών.

Ο ανταγωνισμός μεταξύ νιτρικού και αμμωνιακού αζώτου στο υπόστρωμα καλλιέργειας, παρέχει μια περαιτέρω ευκαιρία ελέγχου της συσσώρευσης των νιτρικών. Αλλά αυτό είναι δυνατόν μόνο στα φτωχά σε οργανική ουσία εδάφη (αμμώδη εδάφη, κοκκινοχώματα) όπου, με μια σωστή διαχείριση της ανόργανης λίπανσης, μπορούμε να ικανοποιήσουμε τις απαιτήσεις της καλλιέργειας,

Ορισμένες έρευνες απέδειξαν ότι τα αμμωνιακά λιπάσματα που χορηγούνται στα λαχανικά, τα οποία καλλιεργούνται σε φτωχά σε οργανική ουσία εδάφη, παρέχουν τη δυνατότητα παραγωγής μεγάλων ποσοτήτων προϊόντων με χαμηλά ποσοστά  $\text{NO}_3^-$ , ενώ στα πλούσια σε οργανική ουσία εδάφη το αμμωνιακό άζωτο δεν διακόπτει τη συσσώρευση των νιτρικών, λόγω υπερβολικής παρουσίας νιτρικού αζώτου στο έδαφος. Αυτό συμβαίνει γιατί τα φυτά απορροφούν αμμωνιακό άζωτο, χωρίς όμως να πειράζει, εάν στο μέσο καλλιέργειας υπάρχει και μια μέτρια ποσότητα νιτρικού αζώτου, που μπορεί να καλύψει τις ποσότητες εκείνες, που συνδέονται με το μεταβολισμό του αζώτου. Σύμφωνα με τα είδη, για να πραγματοποιηθεί αυτός ο μηχανισμός, η σχέση μεταξύ  $\text{NO}_3^-$  και  $\text{NH}_4$  αζώτου, μπορεί να κυμαίνεται από 1 μέχρι 10.

Ο ανταγωνισμός μεταξύ του νιτρικού και του αμμωνιακού αζώτου μπορεί πιο εύκολα να ρυθμιστεί στις καλλιέργειες σε θρεπτικά υποστρώματα, όπου επίσης μπορούμε να μειώσουμε δραστικά τη συγκέντρωση των νιτρικών στους φυτικούς ιστούς, καταργώντας το άζωτο του θρεπτικού διαλύματος στα τελευταία στάδια της καλλιέργειας, υποχρεώνοντας έτσι τα φυτά να χρησιμοποιήσουν τα μεγάλα ποσοστά νιτρικού αζώτου που ήδη έχουν συσσωρεύσει. Πιο δύσκολη είναι αντίθετα η ρύθμιση στο χωράφι.

Τέλος ο παράγοντας που φέρει την κύρια ευθύνη της εμφανίσεως του προβλήματος στον ανησυχητικό βαθμό που υπάρχει σήμερα είναι η εφαρμοζόμενη αζωτούχος λίπανση. Κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες (συνθήκες εργαστηρίου) η συσσώρευση  $\text{NO}_3$  είναι συνάρτηση της ποσότητας και του τύπου της παρεχομένης

λίπανσης.

### **3.4. Το πρόβλημα συγκέντρωσης νιτρικών στα φυτά και στον άνθρωπο**

Η συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  στους φυτικούς ιστούς αποτελεί φυσιολογικό φαινόμενο, που συνδέεται άμεσα με το μεταβολισμό του αζώτου στα φυτά και προκύπτει από την απορρόφηση των νιτρικών ιόντων σε μεγαλύτερη ποσότητα από αυτή που ανάγεται.

Η συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  εξαρτάται από :

την περιεκτικότητα του εδάφους σε  $\text{NO}_3^-$

τον γονότυπο

και τις κλιματικές συνθήκες κάτω από τις οποίες αναπτύσσονται τα φυτά

Τελευταία το ενδιαφέρον εστιάζεται στη συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  στις τροφές. Η αναγωγή  $\text{NO}_3^-$  σε  $\text{NO}_2^-$  και οι δυσμενείς δράσεις αυτής της αναγωγής στον άνθρωπο και τα ζώα είναι υπεύθυνες γι' αυτό το ενδιαφέρον. Ανάμεσα στις τροφές που καταναλώνονται, τα νωπά και τα κονσερβοποιημένα λαχανικά είναι οι κυριότερες πηγές  $\text{NO}_3^-$  για τον ανθρώπινο οργανισμό.

### **3.5 Κίνδυνοι στην υγεία από νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ )**

Τα νιτρικά από μόνα τους δεν είναι τοξικά και όταν εισέλθουν στον οργανισμό δεν παίρνουν μέρος στις κανονικές βιολογικές διεργασίες. Αντίθετα αποβάλλονται σχετικά γρήγορα με τα ούρα κατά 80% περίπου ή με τα περιττώματα (σε ποσοστό 1-2%) και ανακυκλώνονται με το σάλιο.(18%)

Τα  $\text{NO}_3^-$  σε μικρές συγκεντρώσεις είναι ακίνδυνα για τον άνθρωπο, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις ή κάτω από ειδικές συνθήκες μπορούν να γίνουν πολύ επικίνδυνα, που σε κάποιες περιπτώσεις μπορούν να επιφέρουν ακόμη και το θάνατο.

Η τοξικότητα  $\text{NO}_3^-$  είναι σχετικά χαμηλή και ποικίλλει ευρέως. Η μοιραία δόση για ενήλικες είναι 15-70 mgr  $\text{NO}_3^-$ -N/Kgr ζώντος βάρους.

Κατά τη διάρκεια της πέψης των τροφών είναι πιθανών τα νιτρικά να αναχθούν εν μέρει με τη βοήθεια των μικροοργανισμών σε νιτρώδη στο στόμα και στο γαστρεντερικό σύστημα. Υπάρχουν δυο πιθανές επιδράσεις των νιτρικών στην υγεία του ανθρώπου: Μεθαιμογλοβιναιμία (σύνδρομο κυάνωσης των βρεφών).

Από τη φύση τους η δράση των νιτρικών δεν είναι τοξική, όταν όμως εισέλθουν στο αίμα, το δισθενές ιόν σιδήρου ( $Fe^{+2}$ ) της αιμογλοβίνης μπορεί να οξειδωθεί στην τρισθενή μορφή ( $Fe^{+3}$ ), με αποτέλεσμα τη δημιουργία μεθαιμογλοβίνης, η οποία σε υψηλά ποσοστά στο αίμα, μπορεί να οδηγήσει σε συμπτώματα ασφυξίας τον άνθρωπο, λόγω της αδυναμίας μεταφοράς οξυγόνου στους περιφερειακούς ιστούς.

Η μεθαιμογλοβίνη απαρτίζει το 1% της αιμογλοβίνης σε υγιή άτομα, το 4% στα νεογέννητα παιδιά και το 6% ή και περισσότερο σε μωρά με αναπνευστικά προβλήματα ή διάρροια. Η μικρή ποσότητα μεθαιμογλοβίνης, που κανονικά παράγεται, μπορεί να μετατραπεί ενθυματικά ξανά σε αιμογλοβίνη. Αν η ταχύτητα μετατροπής της μεθαιμογλοβίνης είναι μικρότερη από την ταχύτητα συγκέντρωσης, τότε έχουμε μεγάλη συγκέντρωση μεθαιμογλοβίνης στο αίμα με επιζήμιες συνέπειες για την υγεία μας.

Η αιμογλοβίνη των νεογέννητων παιδιών μετατρέπεται πολύ πιο εύκολα σε μεθαιμογλοβίνη, σε σύγκριση με την αιμογλοβίνη των μεγαλύτερων παιδιών. Η συγκέντρωση μεθαιμογλοβίνης μπορεί να προκληθεί και από πολλές ενώσεις όπως: μονοξείδιο του άνθρακα (CO), phenacetin, χρώματα ανιλίνης, και το λούστρο των επίπλων. Εκτός από την κυάνωση, η τοξικότητα  $NO_3^-$  εκδηλώνεται με πιο χρόνια συμπτώματα όπως:

Τα  $NO_3^-$  καταστρέφουν την καροτίνη των τροφών και προκαλούν έλλειψη βιταμίνης A σε άνθρωπο και ζώα, ενώ στον άνθρωπο μπορούν να προκαλέσουν βλάβη στο θυρεοειδή.

Ανωμαλία στα έμβρυα από την νιτροζαμίνη που σχηματίζεται από αντίδραση νιτρωδών και ορισμένων οργανικών αμινών.

Εμφάνιση καρκίνου του στομάχου και της ουροδόχου κύστης

Τα νιτρικά στο όξινο περιβάλλον του στομάχου ανάγονται σε νιτρώδη, τα οποία μπορούν να αντιδράσουν με αμίνες και να παράγουν νιτροζαμίνες, ενώσεις καρκινογόνες σε πειραματόζωα.

Οι νιτροζαμίνες θεωρούνται ύποπτες για καρκινογένεσις στον άνθρωπο, αλλά δεν έχει αποδειχθεί ακόμα η σχέση μεταξύ νιτρικών και κρουσμάτων καρκίνου. Στις

προηγμένες χώρες οι πληθυσμοί είναι εκτεθειμένοι σε μεγαλύτερες ποσότητες νιτρικών σύμφωνα με την τάση για κατανάλωση φυλλωδών λαχανικών σε συνδυασμό με νερό αρκετά ρυπασμένο. Κλινικές έρευνες, όμως, αποδεικνύουν μικρότερη συχνότητα γαστρεντερικού καρκίνου, ενώ παρατηρείται σαφής τάση μείωσης των κρουσμάτων γαστρικού καρκίνου.

Σε έρευνα του πανεπιστημίου της Iowa σε 22.000 γυναίκες ηλικίας 55-69 ετών που άρχισε το 1986 (Epidemiology, 2001) η αύξηση της πιθανότητας εμφάνισης καρκίνου της ουροδόχου κύστης σχετίζεται με αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών στο πόσιμο νερό, ενώ και η χρόνια κατανάλωση νερού με χαμηλή περιεκτικότητα μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα. Οι ερευνητές προτείνουν να συνεχιστούν οι έρευνες, αλλά και συνιστούν τη μείωση του ορίου παρουσίας νιτρικών στο πόσιμο νερό. Σύμφωνα με τον WHO, η μέγιστη ασφαλής ποσότητα νιτρικών που πρέπει να λαμβάνει ένας ενήλικας ανέρχεται στα 220mg/L  $\text{NO}_3^-$  την ημέρα κατανεμημένα κατά 70% από λαχανικά, 15% από άλλα τρόφιμα και 15% από το νερό (Σάββας, 2000).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

### **4.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

Το άζωτο αποτελεί ένα από τα κύρια θρεπτικά ανόργανα στοιχεία, το οποίο θεωρείται ότι παίζει τον σημαντικότερο ρόλο στην βλαστική ανάπτυξη και την αύξηση της βιομάζας των φυτών. Είναι γενικά αποδεκτό ότι σε συνθήκες επάρκειας των υπόλοιπων κύριων θρεπτικών στοιχείων και ιχνοστοιχείων, η αύξηση στην χορήγηση του αζώτου έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της φυτικής βιομάζας. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των φυτών του *Ocimum basilicum* (βασιλικός). Σκοπός της εργασίας ήταν βρεθεί αν η αύξηση στην χορηγούμενη αζωτούχο λίπανση επηρεάζει την ολική αντιοξειδωτική ικανότητά των φυτών του βασιλικού.

Τα φυτά του πειράματος καλλιεργήθηκαν κατά την εαρινή περίοδο σε μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο. Η καλλιέργειά του έγινε σε φυτοδοχεία χωρητικότητας ενός λίτρου σε μείγμα περλίτη-ξανθιάς τύρφης 1:1. Η σπορά των φυτών έγινε στις 14 Απριλίου, σε ομαδικό δίσκο σποράς με ατομικές θέσεις και ως υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκε επεξεργασμένη ξανθιά τύρφη. Μέχρι τη μεταφύτευση των φυτών, για το πότισμα των φυτών στο σπορείο χρησιμοποιήθηκε το νερό του δικτύου της ύδρευσης. Στη συνέχεια στις 15 Μαΐου έγινε η μεταφύτευση των φυτών στα φυτοδοχεία.

Μετά την μεταφύτευση των φυτών, η λίπανση γινόταν με το νερό του ποτίσματος και τα φυτά υποβλήθηκαν σε τρεις μεταχειρίσεις-συγκεντρώσεις αζωτούχου λίπανσης, 50, 200 και 350 mgL<sup>-1</sup>. Σε κάθε μεταχείριση χρησιμοποιήθηκαν 10 φυτά (επαναλήψεις). Η ποσότητα των παρεχόμενων λιπασμάτων για την λίπανση των φυτών που προστίθετο στα 2,5 λίτρα νερού και με τα οποία γινόταν το πότισμα των φυτών, παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακα 4.1.

Σε κάθε φυτό γινόταν πότισμα με ποσότητα 250 ml θρεπτικού διαλύματος. Συνολικά, μέχρι την διενέργεια των μετρήσεων του πειράματος, έγιναν 20 ποτίσματα και κάθε τρία ποτίσματα γινόταν προσθήκη και μείγματος ιχνοστοιχείων αρχίζοντας από το πρώτο πότισμα κατά την μεταφύτευση των φυτών.



Πίνακας 4.1: Ποσότητες των λιπασμάτων που διαλύονται στα 2,5 λίτρα νερό του ποτίσματος για τις τρεις επεμβάσεις του πειράματος.

	Ποσότητα βασικών λιπασμάτων στα 2,5 λίτρα νερό		
	50 ppm N	200 ppm N	350 ppm N
Φωσφορικό Μονοκάλιο (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	1,63 g	1,63 g	1,63 g
Νιτρικό Κάλιο (KNO <sub>3</sub> )	0,88 g	0,88 g	0,88 g
Θειϊκό Μαγνήσιο (MgSO <sub>4</sub> )	0,9 g	0,9 g	0,9 g
Νιτρική αμμωνία (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )	-	1,1gr	2,2gr
*Κάθε τρίτο πότισμα γινόταν προσθήκη και ιχνοστοιχείων σε ποσότητα 2 g (σκευάσματος) στα 2,5 λίτρα νερού			

Μετά από 45 ημέρες καλλιέργειας στα φυτοδοχεία, έγινε ο προσδιορισμός της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας των φυτών του βασιλικού.

### Προσδιορισμός της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας των δειγμάτων

Στην παρούσα εργασία για τον προσδιορισμό της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας εφαρμόστηκε η μέθοδος του Διφαινυλο-πικρυλ-υδραζυλίου (DPPH). Η μέθοδος αυτή είναι η πιο χρησιμοποιούμενη μέθοδος προσδιορισμού της αντιοξειδωτικής δράσης μιας ουσίας. Το DPPH είναι μια σταθερή ρίζα, το οργανικό διάλυμα του οποίου παρουσιάζει έντονο ιώδες (μοβ) χρώμα. Η μέθοδος βασίζεται στην ικανότητα των εκχυλισμάτων να αποχρωματίζουν το διάλυμα του DPPH.

Η μέθοδος στηρίζεται στην αντίδραση του αντιοξειδωτικού με μεθανολικό ή αιθανολικό διάλυμα της σταθερής 1,1-διφαινυλ-2-πικρυλυδραζυλικής ρίζας (απορροφά στα 515 nm) η οποία με την προσφορά υδρογόνου/ηλεκτρονίου ανάγεται σε υδραζίνη με αποτέλεσμα τον αποχρωματισμό του διαλύματος.

Η φασματοφωτομετρική αυτή μέθοδος χρησιμοποιεί τη ρίζα DPPH\* ως αντιδραστήριο (η συγκέντρωση του οποίου είναι 60 μM). Μετά από επώαση

αντιδραστηρίου και δείγματος για 30 min, στους 25 °C μετράται η απορρόφηση στα 515 nm. Για την εύρεση του ποσοστού της παρεμποδιστικής δράσης κάθε εκχυλίσματος χρησιμοποιείται ο παρακάτω τύπος:

$$I \% = [(A_0 - A)/A_0] * 100$$

Όπου I % = η % παρεμπόδιση της ελεύθερης ρίζας

A<sub>0</sub> = η απορρόφηση του τυφλού

A = η απορρόφηση του δείγματος

Για παράδειγμα: Έστω ότι το βασικό διάλυμα DPPH των 60 μM έχει τιμή απορρόφησης 0,70 στα 515nm (απορρόφηση σε χρόνο t=0), και μετά την προσθήκη του δείγματος, η απορρόφηση ελαττώνεται στο 0,5 (η τιμή που καταγράφει το φωτόμετρο μετά από 30 min), το ποσοστό αντιοξειδωτικής ικανότητας του δείγματος αυτού θα είναι:

$$\frac{(0,7 - 0,5)}{0,7} \times 100 = 28,6\%$$

Συνήθως τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών εκφράζονται σε «ισοδύναμη» ποσότητα ασκορβικού οξέος ή διαλύματος Trolox. Αυτό δεν τίποτα άλλο από την ποσότητα του ασκορβικού οξέος ή του Trolox (σε mM) που προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα «ελάττωσης της απορρόφησης του διαλύματος DPPH» σε ποσοστό όπως το δείγμα που μετράμε. Για τις περιπτώσεις όμως σύγκρισης της αντιοξειδωτικής ικανότητας δεν είναι απαραίτητη η έκφραση της αντιοξειδωτικής ικανότητας σε ισοδύναμες τιμές πρότυπων αντιοξειδωτικών ουσιών (όπως το ασκορβικό οξύ ή το Trolox) αλλά αρκούν οι τιμές των ποσοστών της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, όπως στο παραπάνω παράδειγμα.



Εικ. 4.1: Φασματοφωτόμετρο για την μέτρηση της απορρόφησης των δειγμάτων

Η διαδικασία προσδιορισμού των ολικών αντιοξειδωτικών στην παρούσα εργασία ήταν η εξής:

1. Εκχύλιση αντιοξειδωτικών ουσιών: Αρχικά γινόταν η εκχύλιση των αντιοξειδωτικών ουσιών από τους φυτικούς ιστούς. Χρησιμοποιήθηκαν τμήματα φύλλων βασιλικού, τα οποία είχαν βάρος 100 mg και τα οποία τεμαχίζονταν σε όσο το δυνατό μικρά τεμαχίδια. Στην συνέχεια και μέσα σε δοκιμαστικό σωλήνα γινόταν προσθήκη 1 ml καθαρής μεθανόλης. Ακολουθώς το μείγμα ιστών και μεθανόλης υφίστατο δόνηση (vortex) για 1 min. Έπειτα οι δοκιμαστικοί σωλήνες σφραγίζονταν με ελαστική ταινία (para-film) για την αποτροπή της εξάτμισης της μεθανόλης και αφήνονταν σε ηρεμία για 30 min. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί της μεθανόλης η αιθανόλη (αλλά λόγω κόστους χρησιμοποιείται κυρίως μεθανόλη).

2. Παρασκευή διαλύματος DPPH: Για την παρασκευή του διαλύματος DPPH συγκέντρωσης 60μM διαλύονται 2,36mg σε 100 ml καθαρής μεθανόλης (ή αιθανόλης). Η απορρόφηση του διαλύματος αυτού είναι τυπικά  $0,680 \pm 0,005$  στα 515 nm.

3. Προσδιορισμός ποσοστού αντιοξειδωτικής ικανότητας: Σε κυψελίδα του φασματοφωτόμετρου προστίθενται 50 μl εκχυλίσματος από το εκάστοτε δείγμα. Προστίθενται 1950 μl από το διάλυμα των 60μM του DPPH και σφραγίζεται με πλαστικό φιλμ η κυψελίδα για αποτροπή της εξάτμισης της μεθανόλης. Η κυψελίδα τοποθετείται σε σκοτεινό μέρος για 30 min και σε θερμοκρασία περίπου 25° C. Μετά την παρέλευση των 30 min μετράται η απορρόφηση του δείγματος σε φασματοφωτόμετρο στα 515 nm. Επιπλέον μετράται και η απορρόφηση του «τυφλού» δείγματος στο ίδιο μήκος κύματος. Το τυφλό δείγμα ήταν διάλυμα 50 μl αιθανόλης και 1950 μl διαλύματος DPPH. Ο μηδενισμός του οργάνου έγινε με καθαρή αιθανόλη.

## **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

### **Ολική Αντιοξειδωτική ικανότητα**

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των ποσοστών της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας των φυτών του βασιλικού στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται στο

παρακάτω πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2: Ποσοστά ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας των φυτών του βασιλικού που καλλιεργήθηκαν σε φυτοδοχεία την περίοδο της άνοιξης τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις αζωτούχου λίπανσης.

	<b>50 mgL<sup>-1</sup></b>	<b>200 mgL<sup>-1</sup></b>	<b>350 mgL<sup>-1</sup></b>
<b>Αντιοξειδωτική ικανότητα %</b>	32,8125	26,5625	79,6875
	60,9375	34,375	60,9375
	64,0625	42,1875	73,4375
	50	32,8125	56,25
	48,4375	32,8125	53,125
	54,6875	73,4375	54,6875
	40,625	31,25	53,125
	46,875	26,5625	40,625
	53,125	32,8125	43,75
	54,6875	31,25	40,625
<b>MO ± StEr</b>	<b>50,62±2,9</b>	<b>36,4±4,34</b>	<b>55,62±4,12</b>

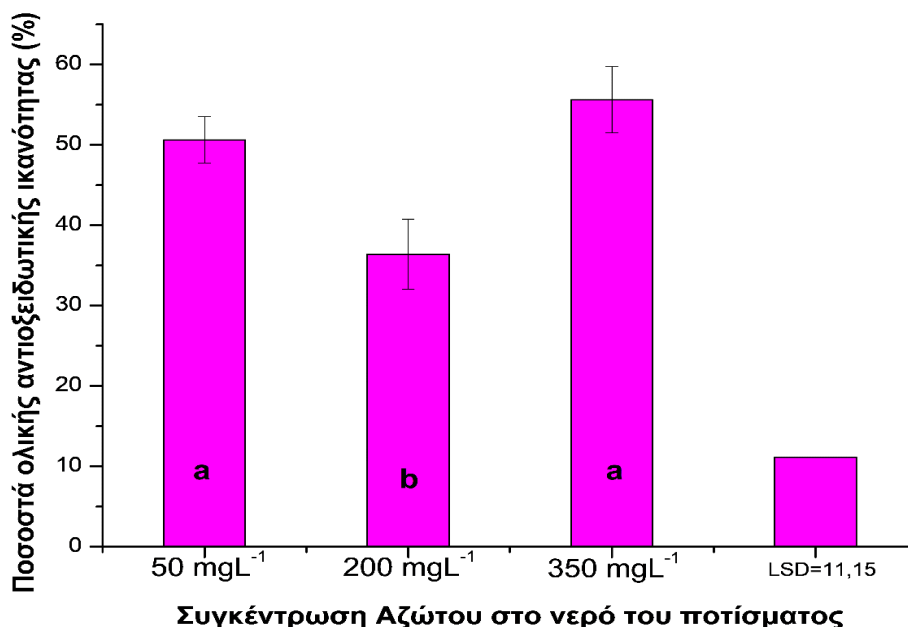
Η ανάλυση της διασποράς (διακύμανσης) (ANOVA) (βλέπε παράρτημα) των παραπάνω τιμών φανερώνει ότι μεταξύ των τριών μεταχειρίσεων αζωτούχου λίπανσης **υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές** ( $F=6,73$  για 2 και 27 βαθμούς ελευθερίας,  $P=0,004$ ), αναφορικά με την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των φυτών του βασιλικού. Οι συγκρίσεις μεταξύ των μέσων (Ελάχιστη σημαντική διαφορά–L.S.D.=11,15) των ποσοστών της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας δείχνουν ότι:

•Όταν η χορηγούμενη αζωτούχος λίπανση αυξήθηκε από τα 50 mgL<sup>-1</sup> (συγκέντρωση που θεωρείται ως περιορισμένη λίπανση) στα 200 mgL<sup>-1</sup> (συγκέντρωση που θεωρείται ως επαρκής λίπανση), στα φυτά του βασιλικού παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση στην περιεκτικότητά τους σε αντιοξειδωτικές ουσίες (τα ποσοστά της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας των φυτών ελαττώθηκαν από τα επίπεδα του 50%, στο 35% περίπου).

•Αντίθετα, παραπέρα αύξηση της αζωτούχου λίπανσης από τα 200mgL<sup>-1</sup> στα 350 mgL<sup>-1</sup> (συγκέντρωση που θεωρείται ως αυξημένη λίπανση), τα φυτά του βασιλικού παρουσίασαν αύξηση στην ολική αντιοξειδωτική τους ικανότητα (σε

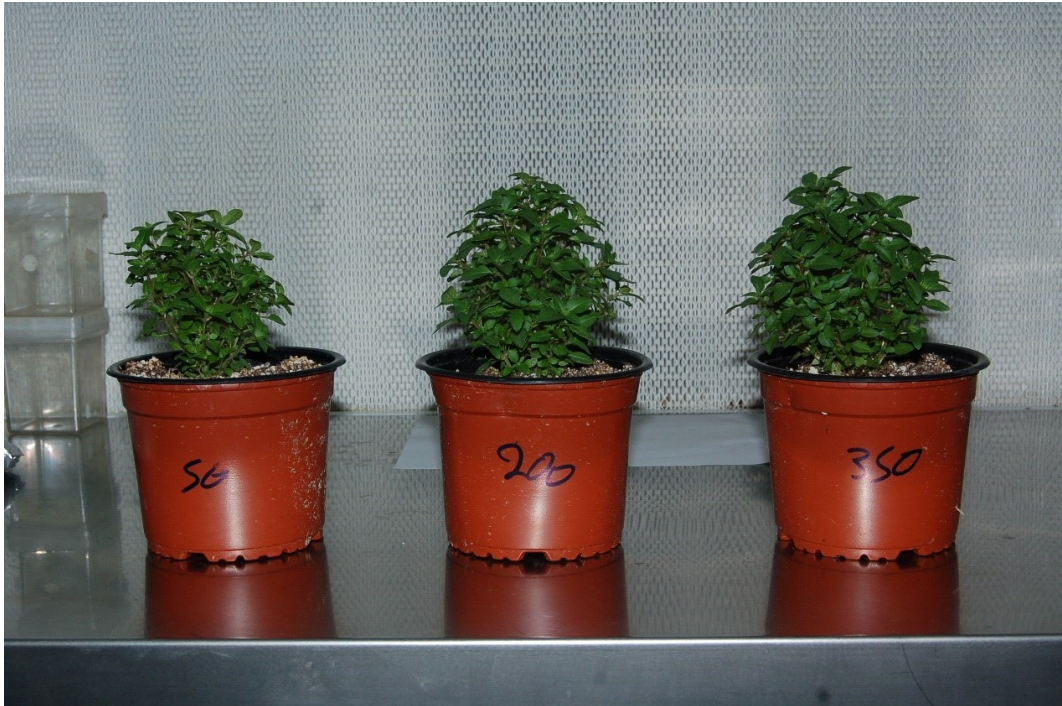
σχέση με την ενδιάμεση λίπανση των  $200 \text{ mgL}^{-1}$ ) και σε τιμές αντίστοιχες με τα φυτά που δέχθηκαν τις χαμηλές συγκεντρώσεις αζώτου ( $50 \text{ mgL}^{-1}$ ).

Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται και στο γράφημα της εικόνας 4.2.



Εικόνα 4.2. Μέση ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των φυτών του βασιλικού που καλλιεργήθηκαν σε μείγμα τύρφης-περλίτη κατά την διάρκεια του χειμώνα με τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις αζωτούχου λίπανσης. Οι μέσοι που συνοδεύονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.

Εκτός από τα παραπάνω αποτελέσματα, που αφορούν τα ποσοστά της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας και τα οποία δείχνουν σαφή διαφοροποίηση μεταξύ των τριών συγκεντρώσεων αζωτούχου λίπανσης, τα φυτά του βασιλικού που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, παρουσίασαν και διαφορετική βλαστική ανάπτυξη. Αν και δεν μετρήθηκε το βάρος τους, οι διαφορές στην ανάπτυξή τους ήταν εμφανείς (εικόνα 4.3). Όπως μπορούμε να διακρίνουμε από τα φυτά της εικόνας 4.3, εκείνα που δέχθηκαν την περιορισμένη αζωτούχο λίπανση είχαν σαφώς μικρότερη ανάπτυξη σε σχέση με τα φυτά των υπολοίπων δύο μεταχειρίσεων (ενδιάμεσης και αυξημένης). Επιπλέον μεταξύ των φυτών που δέχθηκαν ενδιάμεσες και αυξημένες συγκεντρώσεις αζωτούχου λίπανσης δεν διακρίνονται σαφείς διαφορές στην βλαστική τους ανάπτυξη.



Εικ 4.3: Αντιπροσωπευτικά δείγματα των φυτών του βασιλικού που δέθηκαν τις τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις αζώτου στο νερό του ποτίσματος.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούμε να υποθέσουμε ότι στα φυτά του βασιλικού που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη και λιπάνθηκαν με τις ενδιάμεσες συγκεντρώσεις αζώτου στο νερό του ποτίσματος, ο μεταβολισμός τους προσαρμόστηκε προς την κατεύθυνση της αύξησης της βιομάζας και δευτερευόντως στην βιοσύνθεση αντιοξειδωτικών ουσιών. Αντίθετα σε συνθήκες παροχής αυξημένων συγκεντρώσεων αζώτου, ο μεταβολισμός των φυτών του βασιλικού διαφοροποιείται σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση. Ενώ τα φυτά παρουσιάζουν σημαντική αύξηση στην ολική αντιοξειδωτική τους ικανότητα, η βλαστική τους ανάπτυξη δεν διαφοροποιείται σημαντικά με τα φυτά που δέχονται ενδιάμεσες συγκεντρώσεις αζώτου στο νερό τους ποτίσματος.

Η συμπεριφορά αυτή πιθανά να σχετίζεται η εποχή καλλιέργειας των φυτών, καθώς αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία καλλιεργήθηκαν κατά την θερινή περίοδο, όπου η θερμοκρασία του περιβάλλοντος καθώς και η ηλιακή ακτινοβολία είναι αυξημένες. Στις συνθήκες αυτές ο μεταβολισμός των φυτών είναι εντονότερος, η φωτοσύνθεση περισσότερο ενεργή και αποδοτική, ενώ η αναγωγή του ανόργανου αζώτου ιδιαίτερα των νιτρικών ανιόντων που κυρίως απορροφούν τα

φυτά, σε οργανικό άζωτο είναι πιο αυξημένη (Steingrover et al., 1993).

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Κουκουναλάκη Μ., 2015. Συνεργιστική Αντιοξειδωτική Ικανότητα Εκχυλισμάτων Κρητικών Βοτάνων. Πτυχιακή Μελέτη. ΤΕΙ Κρήτης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας Τροφίμων, Τμήμα Διατροφής και Διαιτολογίας.
- Κουτσός Θ., 2006. Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά. Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Λάγουρη, Β., Κρυστάλλη, Φ., Πρασιανάκη, Δ., 2011. Μελέτη των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων και της φαινολικής σύστασης πολικών εκχυλισμάτων ελληνικής πρόπολης. Πτυχιακή εργασία. ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπόνων και Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων.
- Μηνιώτη Α., 2009. Ανάπτυξη νέων μεθόδων προσδιορισμού ολικής αντιοξειδωτικής ενεργότητας και εφαρμογή στο ελαιόλαδο. Διδακτορική Διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Παπαδόπουλος, Α., Μπασιούρας, Σ., Παπαθανασοπούλου, Α., 2010. Προσδιορισμός αντιοξειδωτικής δράσης και φαινολικών ενώσεων σε λευκά κρασιά με την μέθοδο ABTS, DPPH & FOLIN-CIOCALTEU. Πτυχιακή εργασία. ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπόνων και Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων.
- Προεστός Χ., 2005. Προσδιορισμός φαινολικών συστατικών αρωματικών φυτών. Διδακτορική Διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων.
- Aherne, S. A., et al. (2002). Dietary flavonols: Chemistry, food content, and metabolism. *Nutrition* 18:75–81. Mennen et al. 2004
- Almela, L., et al. (2006): Liquid chromatographic-mass spectrometric analysis of phenolics and free radical scavenging activity of rosemary extract from different raw material. *J. Chromatogr. A* 1120:221–229.
- Carlsen, M. H., et al. (2010). The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. *Nutr. J.* 9:3.
- K. M. and Nadkarni, A. K. (1976). *Indian Materia Medica*. Popular Prakashan Pvt.
- Kulišić, T., et al. (2007). The effects of essential oils and aqueous tea infusions of oregano (*Origanum vulgare* L. spp. *hirtum*), thyme (*Thymus vulgaris* L.) and wild thyme (*Thymus serpyllum* L.) on the copper-induced oxidation of human low-density lipoproteins. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 58:87–93.
- Lampe, J. W. (2003). Spicing up a vegetarian diet: Chemopreventive effects of phytochemicals. *Am. J. Clin. Nutr.* 78:579S–583S.
- Lee, J., et al. (2010). Evaluation of antioxidant and inhibitory activities for different subclasses flavonoids on enzymes for rheumatoid arthritis. *J. Food Sci.*



- Manjunatha, H., et al. (2007). Hypolipidemic and antioxidant effects of dietary curcumin and capsaicin in induced hypercholesterolemic rats. *Lipids*. 42:1133–1142.
- Mastelić, J., et al. (2008). Comparative study on the antioxidant and biological activities of carvacrol, thymol, and eugenol derivatives. *J. Agric. Food Chem.* 56:3989–3996.
- Mueller, M., et al. (2010). Anti-inflammatory activity of extracts from fruits, herbs and spices. *Food Chem.* 122:987–996 PoECKel et al., 2008
- Naidu, K. A., et al. (2002). Inhibition of human lowdensity lipoprotein oxidation by active principles from spices. *Mol. Cell. Biochem.* 229:19–23.
- Peñuelas, J., et al. (2005). Isoprenoids: An evolutionary pool for photoprotection. *Trends Plant Sci.* 10:166–169.
- Prieto, J.M., et al. (2007). In vitro activity of the essential oils of *Origanum vulgare*, *Saturejamontana* and their main constituents in peroxynitrite-induced oxidative processes. *Food Chem.* 104:889–895.
- Shahidi, F., et al. (2010). Hydroxycinnamates and their in vitro and in vivo antioxidant activities. *Phytochem. Rev.* 9:147–170 Wojdyło et al., 2007
- Shan, B., et al. (2005). Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *J. Agric. Food Chem.* 53:7749–7759.
- Srinivasan, K. (2005a). Spices as influencers of body metabolism: An overview of three decades of research. *Food Res. Int.* 38:77–86.
- Srinivasan, K. (2005b). Role of spices beyond food flavoring: Nutraceuticals with multiple health effects. *Food Rev. Int.* 21:167–188.
- Steingrover, E.G., Steenhuizen, J.W. and Vander Boon, J. 1993. Effects of low light Intensities at night on nitrate accumulation in lettuce grown on a recirculating nutrient solution. *Netherlands J. Agric. Sci.* 41(1): 13-21.
- Wellwood, C. R. L., et al. (2004). Relevance of carnosic acid concentrations to the selection of rosemary, *Rosmarinus officinalis* (L.), accessions for optimization of antioxidant yield. *J. Agric. Food Chem.* 52:6101–6107.
- Yan, H., et al. (2009). High-performance liquid chromatography method for determination of carnosic acid in rat plasma and its application to pharmacokinetic study. *Biomed. Chromatogr.* 23:776–781.
- Yanishlieva, N. V., et al. (2006). Natural antioxidants from herbs and spices. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 108:776–793.
- Yoon, J., et al. (2005). Molecular targets of dietary polyphenols with anti-inflammatory properties. *Yonsei Med. J.* 46:585–596.
- Zang, L., et al. (2000). Effect of antioxidant protection by p-coumaric acid on low-density lipoprotein cholesterol oxidation. *Am. J. Physiol. - Cell Physiol.*

279:C954–C960.Nagababu et al., 2010

Zheng, W., et al. (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *J. Agric. Food Chem.* 49:5165–5170.

Μακρή Αγγελική-Φίλη Γεωργία, 2017. Μελέτη της συσσώρευσης νιτρικών σε φυτά ρόκας σε σχέση με το στάδιο ανάπτυξης τους. Πτυχιακή Μελέτη. ΤΕΙ Ηπείρου, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας Τροφίμων, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής.